

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

# DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Liberec 2013**

**Bc. LENKA KAŠPAROVÁ**

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**

**FAKULTA TEXTILNÍ**



Studijní program: N3108 Produktový management

Studijní obor: 3106T014 – 80 Produktový management - Textil

**NÁVRHY PRO ZPRACOVÁNÍ ODPADU  
Z VÝROBY KOUPELNOVÝCH PŘEDLOŽEK**

**Proposals for wastes treatment from production of bath  
mats**

Bc. Lenka Kašparová

KHT-205

**Vedoucí diplomové práce:** Prof. Ing. Jiří Militký, CSc.

**Konzultant diplomové práce:** Ing. Jaroslav Hanuš, Ph.D.

**Rozsah práce:**

Počet stran textu ...91

Počet obrázků .....82

Počet tabulek .....18

Počet stran příloh..18

Zadání bakalářské práce

(vložit originál)

# PROHLÁŠENÍ

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum

Podpis

## PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych ráda poděkovala vedoucímu mé diplomové práce Prof. Ing. Jiřímu Militkému, CSc. a konzultantovi Ing. Jaroslavu Hanušovi, Ph.D. za poskytování odborných informací a pomoc při zpracování diplomové práce. Dále bych velice ráda poděkovala firmě Grund a.s. za poskytnutí materiálu a informací o koupelnových předložkách. Jmenovitě panu Jiřímu Grundovi a panu Martinu Zářečnému za ochotnou spolupráci. Také bych chtěla poděkovat své rodině a všem blízkým za podporu a trpělivost během mého studia a vzniku práce.

## **ANOTACE**

Tato diplomová práce se zabývá problematikou zpracování textilního průmyslového odpadu výroby koupelnových předložek firmy GRUND a.s. V práci je stručně popsáno třídění odpadu ve firmě s uvedenými hmotnostmi konkrétních složek odpadů. Dále jsou popsány jednotlivé komponenty, ze kterých se tyto předložky skládají. V experimentální části je popsána struktura vybraných odpadů. Na základě zjištěných parametrů jednotlivých složek odpadu jsou navrženy možné způsoby využití a zpracování odpadů. Vybrané návrhy použití budou dále experimentálně ověřeny. V poslední části práce jsou zhodnoceny výhody a nevýhody jednotlivých návrhů.

### **KLÍČOVÁ SLOVA:**

Koupelnová předložka, Latex, Hot Melt, Akrylová vlákna, Polypropylen, Textilní průmyslový odpad

## **ANNOTATION**

This diploma work deals with the processing of textile industrial waste production of bathroom rugs from company GRUND as. In this work sorting of waste in this company according to mass portions of their appearance are briefly described. The main components of bathroom rugs are specified. The structure of selected wastes is investigated in the experimental part. Based on the identified parameters of the individual components the ways of waste using and further treatment are proposed. Selected proposals of waste treatments were experimentally verified. In the last part of the work the advantages and disadvantages of each proposals were evaluated.

### **KEY WORDS:**

Bath rug, Latex, Hot Melt, acrylic fibres, Polypropylene, Textile industrial waste

# OBSAH

<b>ÚVOD.....</b>	<b>9</b>
<b>1. TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>10</b>
<b>2. Textilní odpad .....</b>	<b>10</b>
2.1. Průmyslové textilní odpady.....	10
2.2. Využití textilního odpadu.....	11
2.2.1. Využití textilního odpadu v textilním průmyslu .....	11
2.2.2. Využití textilního odpadu v netextilním průmyslu.....	12
2.2.3. Využití textilního odpadu destrukčními způsoby.....	13
<b>3. Firma GRUND a.s. ....</b>	<b>14</b>
3.1. Technologie výroby koupelnových předložek ve firmě Grund a.s. ....	14
<b>4. ODPADOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ FIRMY.....</b>	<b>18</b>
<b>5. MATERIÁLOVÉ SLOŽENÍ KOUPELNOVÉ PŘEDLOŽKY .....</b>	<b>20</b>
5.1. Podkladová textilie.....	21
5.1.1. <i>Výroba polypropylenových vláken.....</i>	<i>22</i>
5.1.2. <i>Výroba netkané textilie technologií Spunbond .....</i>	<i>24</i>
5.1.3. <i>Zpevnění netkané textilie kalandrem .....</i>	<i>24</i>
5.2. Akrylové příze.....	25
5.2.1. <i>Výroba akrylových vláken.....</i>	<i>26</i>
5.2.2. <i>Vlastnosti akrylových vláken .....</i>	<i>27</i>
5.3. Zátěry .....	29
5.3.1. <i>Hot Melt.....</i>	<i>29</i>
5.3.2. <i>LATEX .....</i>	<i>32</i>
<b>6. Přístroje používané v experimentální části .....</b>	<b>33</b>
6.1. Přístroj Bodotávek.....	33
6.2. Mykací stroj .....	34
6.3. Vpichovací stroj .....	35

6.4.	Stroj ROTIS II.....	36
6.5.	Přístroj Cryomill.....	37
6.6.	Přístroj ZetaSizer Nano ZS .....	38
6.7.	Přístroj Retsch AS 200 .....	38
6.8.	Přístroj Rotační reometr .....	39
6.9.	Přístroj Marcatex 150 / 250 Flexi.....	40
<b>7.</b>	<b>EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....</b>	<b>43</b>
<b>8.</b>	<b>STRUKTURA VYBRANÝCH ODPADŮ .....</b>	<b>43</b>
8.1.	Struktura koupelnových předložek .....	43
8.2.	Struktura akrylové příze .....	43
8.3.	Struktura podkladové textilie .....	44
8.4.	Struktura odřezků .....	44
<b>9.</b>	<b>NÁVRHY VYUŽITÍ VYBRANÝCH ODPADŮ .....</b>	<b>45</b>
9.1.	Odpadové akrylové příze .....	45
9.2.	Odpady podkladové textilie značky Netex .....	47
9.3.	Odpady ve formě odřezků koupelnové předložky .....	51
9.4.	Alternativní řešení pro využití všech odpadů firmy .....	61
<b>10.</b>	<b>OVĚŘENÍ VYBRANÝCH DRUHŮ NÁVRHŮ.....</b>	<b>63</b>
10.1.	Identifikace materiálu podkladové textilie .....	63
10.2.	Výroba netkané textilie.....	64
10.2.1.	<i>Výroba nového typu předložky.....</i>	<i>64</i>
10.2.2.	<i>Výroba vhodného typu netkané textilie.....</i>	<i>69</i>
10.2.3.	<i>Vzorování netkané textilie.....</i>	<i>73</i>
10.3.	Kryogenní drcení .....	75
10.4.	Měření velikosti částic.....	78
10.4.1.	<i>Měření velikosti částic na přístroji Zetasizer Nano ZS. ....</i>	<i>78</i>
10.4.2.	<i>Měření velikosti částic síťováním.....</i>	<i>81</i>



10.5.	Měření viskozity taveniny materiálu podkladové textilie .....	89
<b>11.</b>	<b>DISKUZE VÝHOD A NEVÝHOD JEDNOTLIVÝCH NÁVRHŮ .....</b>	<b>94</b>
<b>12.</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>97</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>99</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>102</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>106</b>
	<b>PŘÍLOHA.....</b>	<b>107</b>

## ÚVOD

V současné době roste množství průmyslové výroby a tím vzniká větší množství odpadu. Tento odpad je obvykle skladován bez jakéhokoliv dalšího využití. Takto odkládaný odpad je v lepším případě jednoduše odvážen na velké specializované skládky, nebo je spalován ve spalovnách. Tímto způsobem vzniká řada ekologických problémů. Znovu využití vzniklého odpadu je pro firmy ekonomicky náročná záležitost, ovšem jejich likvidace spalováním nebo skládkováním je také velmi nákladnou záležitostí. Hlavní výhodou zpracování odpadu je především šetrnost k životnímu prostředí.

Firma Grund a. s. působí na českém trhu od roku 1990. Firma Grund je rodinná firma zabývající se výrobou a prodejem koupelnových předložek v nejlepší kvalitě. Tato společnost tvoří tři samostatné subjekty. Mezi ně patří GRUND a. s. - prodej, vývoj a výroba koupelnových předložek, závěsů, tyčí a ostatních koupelnových doplňků. GRUND Spinning - Přádělna akrylových přízí pro výrobu koupelnových předložek a GRUND Deutschland - Prodej veškerého sortimentu přímo pro zákazníky v SRN a další země západní Evropy. Dalo by se říci, že se tato velmi schopná a rychle se rozvíjející firma stala jedničkou na českém trhu v oblasti dekorací a doplňků koupelen. Odpad produkovaný firmou Grund je tvořen z různých částí technologie výroby. Množství odpadu produkované firmou je závislé jako u každé firmy na objemu výroby.

Velmi důležitá pro navržení dalšího zpracování odpadu je samotná definice slova odpad. Tímto problémem o odpadech se zabývá zákon č. 185/2001 Sb. o odpadech, který napomáhá producentům odpadu v otázkách odpadového hospodářství. V diplomové práci je shrnutý současný stav firmy s podrobnějším rozepsáním jednotlivých komponent koupelnové předložky, které tvoří produkovaný odpad.

Hlavním cílem diplomové práce je navrhnout způsoby využití textilních odpadů firmy Grund. K těmto návrhům poslouží popsání struktura vybraných odpadů. Vybrané kroky návrhů využití jsou ověřeny za pomoci přístrojů dostupných v laboratořích Technické univerzity v Liberci. Poslední a také podstatnou částí je zhodnocení výhod a nevýhod navržených postupů.

## 1. TEORETICKÁ ČÁST

### 2. Textilní odpad

„Odpad je každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit a přísluší do některé ze skupin odpadů uvedených v příloze č. 1 zákona č. 185/2001 Sb. o odpadech“. Tento zákon je v podstatě nejdůležitějším právním předpisem v oblasti odpadového hospodářství. Zákon obsahuje pravidla pro předcházení vzniku odpadů a nakládání s odpady za účelem dodržení ochrany lidského zdraví a ochrany životního prostředí, práva a povinnosti osob v odpadovém hospodářství a působení orgánů veřejné správy v odpadovém hospodářství [11].

Textilní odpady se dělí do dvou skupin. Textilní průmyslové odpady a sběrové textilní odpady. Při vzniku textilního odpadu je dále důležité rozdělení na vratný a nevratný odpad z důvodu použití jakožto druhotné textilní suroviny. Vratný odpad se používá znovu do stejných produktů, při jejichž výrobě vznikl. Nevratný odpad se použije do jiných produktů, nežli jsou produkty, při jejichž výrobě vznikl [9, 10].

#### 2.1. Průmyslové textilní odpady

Mezi textilní průmyslové odpady patří odpady vznikající při výrobě a zpracování textilií. Produkty těchto technologických procesů výroby jsou textilní odštrížky, vlákenné odpady a nit'ové odpady [9].

*Vlákenné textilní odpady* jsou v podstatě všechna textilní vlákna, která jsou vyřazena během jejich výrobního procesu (jedná se o chemická vlákna nehotová s nedostatečnou délkou nebo s různým stupněm poškození či znečištění) nebo vlákna vyřazena během procesu zpracování [9].

*Nit'ové odpady* jsou ve formě odřezků přízí různé délky, smotků atd. Při zpracování přízí např. dopřádáním, sdružováním a skaním vzniká nit'ový odpad. Dále vznikají při zpracování na plošné textilie [9].

*Textilní odstřížky* jsou kusy textilií různých tvarů a velikostí. Jedná se o textilní odpad vyprodukovaný během výroby plošných textilií. Textilní odstřížky se dělí podle typu vláken, typu plošné textilie, velikosti odstřížků a barvy odstřížků [9].

*Textilní kompozity* jsou míněny v tomto případě jako odpad z výroby průmyslových textilií, které se skládají nejméně ze dvou částí. Mohou to být textilie s všitými přízemi, které jsou zafixovány na rubní straně zátěrem (latex, Hot Melt atd.) jako jsou například **koupelnové předložky**.

## **2.2. Využití textilního odpadu**

Textilní odpad nachází své využití jak v textilním průmyslu, tak i v netextilním průmyslu.

### **2.2.1. Využití textilního odpadu v textilním průmyslu**

Využití textilních odpadů je ovlivněno jak technologickými tak ekonomickými aspekty. Ne vždy můžeme říci, že využití odpadů bude efektivnější, bude-li se co nejméně lišit od materiálu, který bude nahrazovat, nebo doplňovat. Textilní odpad může být využit ve výrobě přízí, netkaných textilií a výrobě průmyslové vaty [9].

- Ve výrobě přízí jsou textilní druhotné suroviny zpracovány na trhacích strojích ve formě vláken, které se používají jako příměs k primárním vláknům. Při zpracování vlákenných odpadů kontrolujeme délku vláken (krátká a dlouhá vlákna). Příze vyrobeny z druhotných surovin se uplatňují v oděvním průmyslu i ve výrobě textilií [9].
- Ve výrobě netkané textilie, která patří v současné době mezi největší zpracovatelé textilní druhotné suroviny. Netkaná textilie je plošná textilie, vyrobená pojením vlákenné vrstvy mechanickým, chemickým nebo termickým způsobem. Na netkané textilie pro technický průmysl není kladen takový důraz na barvu či povrchový vzhled jako je tomu tak například v bytovém průmyslu, kde je kladen velký důraz na vzhled. Nacházejí uplatnění především jako tepelně i zvukově izolační materiál ve stavebnictví, zvukově izolační a výplňkový materiál při stavbě vozidel, letadel. Tyto materiály nacházejí své uplatnění také jako izolační materiál v elektrotechnickém průmyslu. Rovněž nacházejí uplatnění v oděvním, obuvnickém a bytovém průmyslu [9].

- Ve výrobě průmyslové vaty, která je tvořena zhušťováním vláken do rouna, v němž jsou vlákna držena pohromadě přirozenou soudržností. Pro zachování charakteristických znaků je průmyslová vata zpevňována nanesením pojiva na povrch rouna. Obvazové vaty jsou tvořeny z bavlněné suroviny, pro výrobu průmyslové vaty je použita vlákenná směs [9].

### **2.2.2. Využití textilního odpadu v netextilním průmyslu**

Textilní odpad nachází uplatnění jako druhotná surovina také pro netextilní zpracování. Textilní odpad můžeme zpracovávat například pro výrobu papíru, speciálních desek, plošných textilních desek, jako plniva a výztužné materiály [9].

- Při výrobě papíru se textilní odpady používají spolu s dřevní vlákninou. Pro nejvyšší kvalitu papíru jsou nejdůležitější surovinou lněné hadry a lněné odpady, které musí být předem vyběleny. Další odpad, který vyhovuje pro výrobu papíru, je bílý bavlněný a celulózový odpad. U tohoto druhu zpracování se jedná o první recyklační technologii, ve které byl použit textilní odpad. Pro specifickou výrobu je použito pouze malé množství textilního odpadu a zbytek je tvořen dřevní vlákninou. Touto výrobou se zabývají speciální papírenské obory, které vyrábějí speciální papír dosahující zvláštních vlastností jako je vysoká pevnost v ohybu, pružnost, trvanlivost, odolnost proti vlhku, odolnost proti světlu a vysoká životnost [8, 9].
- Při výrobě střešní lepenky, která je tvořena z největší části textilní složkou. Další složky tvoří dřevní vláknina, separovaný a bělený sběrový papír. Textilní odpady se používají při výrobě například střešní, knihařské a obuvnické lepenky [9].
- Při výrobě plošných textilních desek, kde je použit jako základní materiál všechný textilní odpad, obzvláště odpad tvrdé plsti, textilní podlahoviny, netkané, kaširované a vrstvené textilie nebo kordové tkaniny z pneumatik. Pro tento druh zpracování se textilní odpad drtí nebo seká. Odpady se kombinují s jinými látkami, kde se využívá jejich tavitelnosti. Jedná se například o folie a plasty. Z těchto druhotných surovin se vyrábějí plošné desky, jejichž vlastnosti jsou dány základním materiálem, chemickým pojivem a také způsobem výroby nebo povrchovou úpravou [9].

- Při výrobě textilních plniv a výztužných materiálů se používají například syntetická vlákna a skleněná vlákna. Tyto materiály lze použít při výrobě plastů a jako příměs do betonu pro získání lepších fyzikálně mechanických vlastností. Textilní druhotné suroviny nacházejí také vhodné uplatnění při zpracování na předměty běžného denního používání, jako jsou různé mísy, držadla atd. Syntetická vlákna mají dobrý vliv na akustické, mechanické a tepelné vlastnosti betonových prefabrikátů (různé tvárnice). Nesprádatelný nebo nerounotvorný textilní odpad (tvrdý textilní odpad) může být použit jako plnivo pro stavební průmysl například jako izolační materiál pro plovoucí podlahy [9].
- Při výrobě čistících textilií jsou použity odpadová celulósová vlákna, která mají velmi vysokou nasákavost. Jako alternativu je možné volit různé sběrné hadry a smotané příze [9].
- Při výrobě leštících látkových kotoučů je využíván průmyslový odpad vzniklý ve stříhárnách, výrobě tkanin atd. Leštící kotouče se používají k povrchové úpravě kovů, dřeva, plastů a také jiných hmot [9].

### **2.2.3. Využití textilního odpadu destrukčními způsoby**

Kromě zpracování textilních odpadů textilním a netextilním způsobem, existuje další možnost zpracování. Jedná se o zpracování tzv. destrukčními způsoby (například změna tvaru mechanickým působením jako je drcení) [9].

- Na výrobu granulátu jsou použity odpady z výroby syntetických vláken, odpady z textilního průmyslu jako jsou nitě, odstřížky, textilní podlahoviny (vše ze syntetických materiálů). Tento odpad je vhodný pro zpracování na různé plastové výrobky a dále například pro chemický průmysl [9].
- Na výrobu bílkovinného krmiva lze využívat vlněný odpad. Vlněný odpad musí být čistý bez přidaných syntetických vláken. Vlněný odpad lze upravovat vzhledem ke keratinové složce, kterou vlákna obsahují. Tato metoda se v dnešní době příliš nepoužívá [9].
- Na hnojiva a ke kompostování jsou používány především podřadné textilní odpady, které jsou spíše pokládány za prach. Textilní prach lze uplatnit při různých

biologických aplikací. Pro zpracování na hnojiva a kompostování lze využívat vláknenný odpad z přírodních materiálů, který snáze podléhá biodegradabilitě na rozdíl od syntetických materiálů, které jsou využívány pouze v malém množství z důvodu obtížnějšího rozkladu [9].

- Spalování textilního odpadu je velice účinné východisko v energetickém využití. Spalování textilních odpadů je energeticky příznivé. Textilní odpad má výhřevnost 14 500 kJ / kg, což je srovnatelné například s hnědým uhlím 15 000 – 20 000 kJ / kg. Nepříznivou stránkou spalování textilních odpadů je vznik celé řady exhalačních látek, z nichž mnoho je toxických a to především u syntetických materiálů [9].

### **3. Firma GRUND a.s.**

Firma Grund a.s., sídlí v Mladých Bukách nedaleko Trutnova. Firma se zabývá vývojem, výrobou a prodejem koupelnových předložek a patří mezi špičkové výrobce v České republice. V současné době firma zaměstnává 150 zaměstnanců a vyváží své výrobky do více než 40 zemí [1].

#### **3.1. Technologie výroby koupelnových předložek ve firmě Grund a.s.**

Výroba koupelnových předložek firmy Grund a. s. se provádí technologií všívání, která je známá z výroby kobereců. Používané je jak ruční všívání („Table tufting“), tak strojové všívání („Machine tufting“). Příze všívaná do koupelnových předložek si vyrábí firma Grund a.s. ve vlastní přádelně [1, 3].

Výroba přízí v přádelně Grund Spinning začíná zpracováním česanců z akrylových vláken, které nakupují v Turecku. Firma nakupuje cca 40 základních barev, které navzájem míchá pro dosažení potřebné barvy a barevného odstínu, viz obr. 1. Tato operace se provádí na dvou speciálně upravených posukovacích strojích. Jako vstupní materiál je předkládán česanec. Postupným protahováním česanců na posukovacích strojích, dochází při současném družení k promísení vláken a tvorbě barevné směsi. Pro dobré promísení vláken je zařazeno více pasáží posukování, při kterých postupně dochází ke zjemňování výsledného pramene. Takto připravený pramen je ukládán v konvích a probíhá další operace dopřádání [1, 3].



Obr. 1 – Česanec [1]

Ztenčený pramen je předkládán do prstencového dopřádacího stroje, který zjemní předlohu průtahem, udává zákrut a výsledkem je příze navinutá na potáč. Dále je prováděno soukání, jehož účelem je převinout přízi z jednoho návínu na jiný, který bude vyhovovat svým tvarem a velikostí pro další zpracování. Současně se odstraňují slabá místa pomocí brzdiček, které zachytí slabé místo a příze je opět spojena bezuzlově. Silná místa jsou také odstraněna ale pomocí čističe. Firma Grund používá soukací stroj Autoconer. Dále je provedeno sdužování, kde se provádí společné navíjení dvou přízí na jednu kuželovou cívku. Je nutné dávat pozor, aby byla dodržena stejná tahová síla u obou navíjených přízí, aby jedna příze nebyla volnější a neobtáčela se kolem příze napnuté. Při sdužování je přízi také udílen zákrut. Poslední částí v přádelně je objemování příze pomocí páry při určené vlhkosti a teplotě. Tato operace je prováděna na přístroji Superba, viz obr. 2. Příze získává objem a stává se velmi příjemnou, ale dochází k malému srážení příze. Pomocí tohoto přístroje se příze fixují [1, 3].



Obr. 2 - Stroj na objemování příze [1]



Dále následuje operace všívání přízí. Všívání, které se provádí ruční formou (Table tufting), je vhodné především pro menší kolekce koupelnových předložek. Nejdříve probíhá ruční zakreslení nákrešů pomocí šablon na podkladovou textilií. Barevné vzorování je vyznačeno na podkladovou textilií čísly (každému číslu je přiřazena jedna barva). Na každém stroji je vždy natažena pouze jedna barevná příze, což patří mezi nejnáročnější část výroby. Předložky jsou proto všívány postupně dle barevnosti. Předložky se šijí obráceně, rubní stranou nahoru. Všívání příze se provádí na speciálních dvanácti jehlových strojích. Jehla s akrylovou přízí propichuje podkladovou textilií a vytvořená smyčka je na lící straně zachycena háčkem a řezným nožem proříznuta. Po všívání nastává fáze objemování v peci, kde je také přebytečný materiál odsáván. Poté této operaci se provádí vlhčení rubní strany koupelnové předložky. Za pomoci válců na dalším stroji se nanáší na podložky z rubní strany lepidlo Hot Melt, které slouží k zafixování příze a také jako protiskluzová úprava. Nanesené lepidlo chladne na navazujícím pásu při teplotě okolí. Dále procházejí pecí s definovanou teplotou (okolo 185°C) a vlhkostí, kde se nechává doschnout protiskluzová vrstva. V další fázi výroby se musí už u zcela hotového výrobku začistit okraj na speciálních entlovacích strojích. Konec začišťovacího stehu (entlu) se zajistí zapožitím proti samovolnému rozvázání. V konečné fázi probíhá balení a expedice dle požadavků zákazníka [1, 3].

Strojové všívání (Machine tufting) se provádí automatickým všíváním. Každá jehla je ovládána jednotlivě počítačem. Firma Grund je jedna z mála, která vlastní stroj na šití koberců COLORTEC. Technologie výroby začíná, u různě barevné příze, které jsou vedeny do stroje. Podklad tvoří jako u ručního všívání podkladová textilie. Kontrola dohlíží na proces všívání a při přetrhu příze znovu přízi navazuje. Dále probíhá došívání nedostatků vzniklých přetrhem příze, odstraňují se odstávající příze, které nezachytil přístroj, a kontroluje se kvalita polotovaru. V další fázi je polotovar předložky zátěrován. Materiál prochází pásem, kde se nanáší automatizovaně syntetický latex, viz obr. 3. Proces zátěru latexové pěny probíhá při teplotě 125 °C a trvá cca 7 minut, po této operaci zátěr schne v peci. Při této operaci se zároveň objemuje všitá příze. Po nanesení lepidla je pomocí řezačky materiál rozdělen. Dále opět jako u ručního šití (Table tufting) následuje začišťování okrajů na speciálních entlovacích stojících. V konečné fázi opět probíhá balení a expedice dle požadavků zákazníka [1, 3].



**Vana s latexovou pěnou**

Obr. 3 - Nanášení latexové pěny [1]

Výsledný produkt je konstruován tak aby odváděl vodu, kterou osoba přenese ze svého těla a sprchy na podlahu. Předložky jsou vyráběné v různobarevných variantách a různých geometrických tvarech (například čtvercové, oválné, kulaté atd.). Předložka je nejen bezpečnostním prvkem koupelny ale také její designový doplněk. Proto předložky firmy Grund (viz obr. 4) navrhuje mnoho návrhářů, kteří zajišťují jejich elegantní a originální vzhled [1, 3].



Obr. 4 - Koupelnová předložka firmy Grund

#### **4. ODPADOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ FIRMY**

Odpady vznikají při každé technologické operaci tudíž i při každé výrobě. Firma Grund není výjimkou, proto nakládá s odpady dle zákona č. 185/2001 Sb. o odpadech. Dle katalogu, uvedeném v zákoně č. 185/2001 Sb. o odpadech je odpad firmy Grund zařazen do kategorie 04 Odpady z kožedělného, kožešnického a textilního průmyslu. Na odpadové hospodářství firmy dohlíží speciální externí firma [1].

Odpad produkovaný firmou Grund [1]:

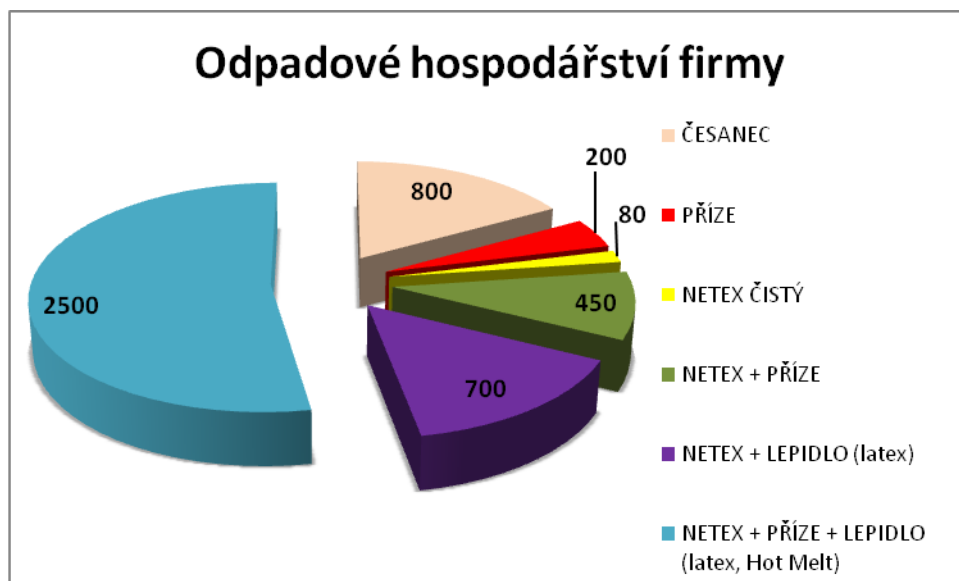
- Česanec
- Příze
- Podkladová textilie značky Netex (čistá)
- Podkladová textilie + příze
- Odřezky podkladové textilie + lepidlo Latex
- Podkladová textilie Netex + příze + lepidlo Hot Melt
- Podkladová textilie Netex + příze + lepidlo Latex
- Tekutý latex
- Prach

Firma Grund třídí odpad dle technologie výroby, ze které odpad pochází a dále pak je dělen odpad na určený k likvidaci nebo k prodeji. V tabulce 1. je uveden přehled poskytnutý firmou, který ukazuje objem odpadů za měsíc pro jednotlivé části technologických operací. Množství ostatního odpadu nebylo firmou uvedeno. Odpad z latexu je shromažďován ve speciálních nádobách a speciálních kontejnerech a zbytek odpadu, který je brán, jako běžný odpad je shromažďován v kontejnerech určených pro běžný odpad. Shromažďovaný odpad určený k likvidaci je lisován do balíků přímo ve firmě Grund. Pomocí lisování firma dosáhne snížení častého vyvážení odpadů. Proto lisování snižuje významným způsobem náklady na likvidaci odpadu. Získaný odpad je prodáván a zbytek je uložen nebo odvezen firmou Marius Pedersen a.s. která se specializuje na nakládání se všemi druhy odpadů [1].

Tab. 1 - Odpadové hospodářství firmy [1]

ODPAD	PRODEJ kg / měsíc	LIKVIDACE kg / měsíc
<b>PŘÁDELNA</b>		
ČESANEC	800	
PŘÍZE	100	
<b>Ruční výroba - Table tufting</b>		
NETEX ČISTÝ		80
NETEX + PŘÍZE	450	
<b>Strojová výroba - Machine tufting</b>		
PŘÍZE	100	
<b>ŘEZÁNÍ</b>		
NETEX + LEPIDLO (latex)		700
<b>Entlování - ENTL</b>		
NETEX + PŘÍZE + LEPIDLO (latex, Hot Melt)		2500

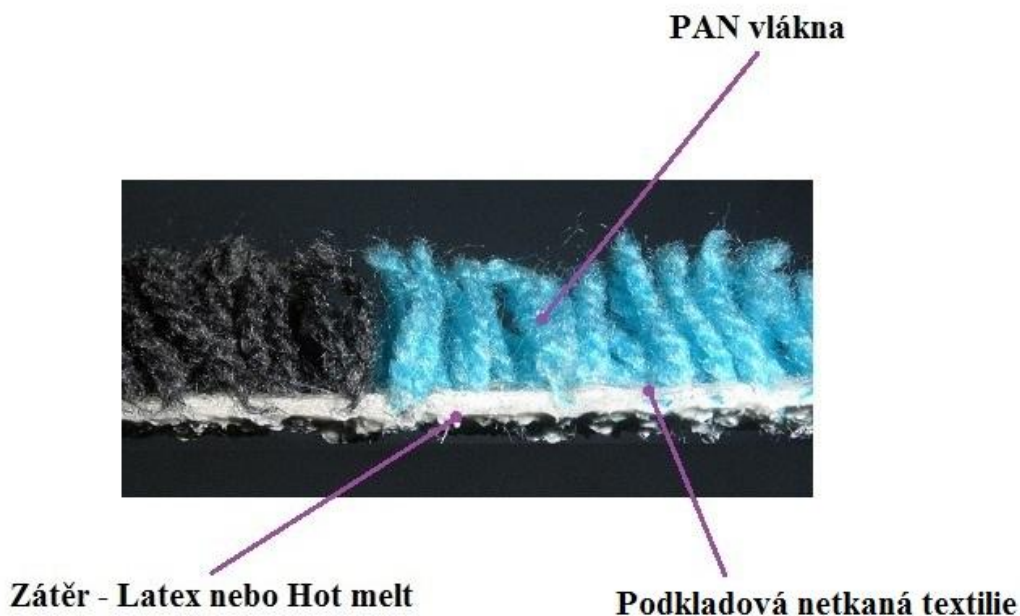
Jako u každé společnosti je objem výroby koupelnových předložek závislý především na poptávce po produktu. Celková produkce odpadů firmy je cca 4800 kg za měsíc. Na základě obr. 5 je zřejmé, že největší podíl odpadu firmy tvoří odpad podkladové textilie + příze + lepidlo (Latex a Hot Melt) z části výroby začišťování (entlování). Druhý největší podíl odpadu tvoří česanec z přádelny dále odpad podkladová textilie + lepidlo latex, podkladová textilie + příze. Další část tvoří odpadové příze, které jsou produkovány z přádelny a strojové výroby. Nejmenší podíl odpadu tvoří čistá podkladová textilie netex [1].



Obr. 5 - Produkce odpadu firmy Grund za jeden měsíc [1]

## 5. MATERIÁLOVÉ SLOŽENÍ KOUPELNOVÉ PŘEDLOŽKY

Koupelnové předložky firmy Grund a.s. se skládají ze tří částí, viz obr. 6. Podklad je tvořen polypropylenovou netkanou textilií značky Netex, do které se všívají akrylové příze. Poslední část koupelnové předložky tvoří z rubní strany podkladové netkané textilie zátěr, který je z Latexu nebo Hot Meltu [1].



Obr. 6 - Řez koupelnovou předložkou

## 5.1. Podkladová textilie

Koupelnová předložka firmy Grund je tvořena podkladovou textilií značky Netex, kterou vyrábí firma Dupont. Tento typ podkladové textilie je možné najít pod obchodním názvem Typar<sup>®</sup> 4478 – W. Vlastnosti podkladové textilie používaného firmou jsou uvedeny v tabulce 2. Podkladová textilie je netkaná textilie z polypropylenu. Netkaná textilie je vyrobená technologií Spunbond a následně zpevněna kalandrováním. Pro strojovou výrobu je používána šíře netkané textilie 2,5 m. Pro ruční výrobu používá firma cca 10 různých šíří, které se používají v souladu s potřebnou šířkou vyráběných předložek [1].

Tab. 2 - Vlastnosti podkladové textilie [1].

Vlastnosti	4478 - W
Plošná hmotnost	160 g / m <sup>2</sup>
Tloušťka při 2 kN / m <sup>2</sup>	0,44 mm
Pevnost v tahu MD (v podélném směru)	280 N / 5 cm
Protažení při maximálním zatížení MD (v podélném směru)	37 %
Pevnost v tahu XD (v příčném směru)	400 N / 5 cm
Protažení při maximálním zatížení XD (v příčném směru)	34 %

### Výhody produktu [1]:

- Rozměrová stabilita – Materiál nepodléhá různým geometrickým deformacím, čímž velmi dobře fixuje všitý vzor a nedochází k různým optickým deformacím.
- Produkt je vyroben ze 100 % polypropylenu bez jakýchkoliv pojiv či příměsí.
- Životnost produktu je garantována firmou Dupont na 100 let

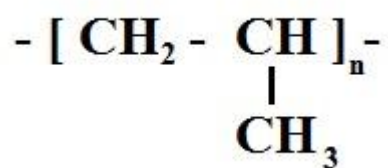
### Bezpečnostní informace [1]:

- Tento produkt nemá žádný známý nepříznivý účinek na lidské zdraví. Doplnkové látky v tomto výrobku nepředstavují nebezpečí pro dýchací ústrojí, v případě drcení je prach respirabilní (proniká do plic, kde není řasinkový epitel a do plicních sklípků), ovšem je známo, že všechny prachy jsou potenciálně škodlivé pro dýchací cesty. Prach může tvořit výbušnou směs ve vzduchu. Je dobré zajistit dobré odvětrávání místnosti, kde se tento prach tvoří.

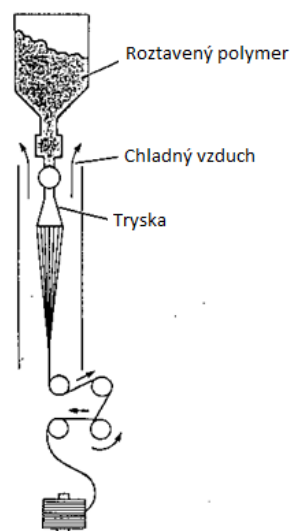
- Hořlavé vlastnosti – Tepelný rozklad podkladové textilie je při teplotě nad 300 °C. Hoření je doprovázeno odkapáváním taveniny, která může způsobit další rozšíření ohně, při spalování se uvolňuje oxid uhelnatý a oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>)
- Fyzikální a chemické vlastnosti – materiál je ve formě listů či rolí, barva materiálu je různá, nevydává žádný zápach, pH nelze aplikovat, teplota tání je 168°C (334 °F)
- Likvidace odpadu – je – li to možné, dává se přednost recyklaci před spalováním
- Akutní toxicita – Polypropylen - Tento produkt nemá žádné známé eko-toxikologické účinky

### 5.1.1. Výroba polypropylenových vláken

Polypropylen patří do skupiny chemických vláken ze syntetických polymerů konkrétně mezi polyolefiny. Chemický vzorec, viz obr. 7. V první řadě je třeba vyrobit surový polymer. Takto připravený polymer se dále zpracovává do formy granulí polymeru. Poté se tyto granule pomocí tzv. extrudéru roztaví. Roztavený polymer se protlačuje tryskami různých tvarů, které udávají konečný tvar vlákna. Zvlákňování se provádí do chladicí šachty, viz obr. 8. Po procesu zvlákňování je nutné ještě vlákna dloužit, což se provádí tak, že se zahřátý polymer navíjí na válec. První válec se otáčí pomaleji než následující válec. Tímto dochází k napínání vlákna a jeho prodloužení Po této operaci se délka vlákna zvětší (dvoj až desetinásobně) a dochází ke zlepšení mechanických vlastností polymeru [4].



Obr. 7 - Chemický vzorec polypropylenu [4]



Obr. 8 - Zvlákňování do šachty [5]

#### Vlastnosti [4]

- Vysoký koeficient tření: 0,24
- Pevnost: 1,5 cN / dtex
- Tažnost: 15 – 60%
- Voskový omak
- Sráživost (v horké vodě 0 – 5 %)
- Dobré elektroizolační vlastnosti
- Vysoký elektrický odpor, velká náchylnost na tvorbu elektrostatického náboje
- Teplota žehlení: max. 130 °C
- Teplota měknutí: 149 – 154 °C
- Teplota tání: 165 – 170 °C
- Nízká tepelná vodivost:  $0,1 - 0,2 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- Vysoké specifické teplo:  $83 - 86 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$
- Hustota  $910 \text{ kg} / \text{m}^3$
- Teplota zesklňování:  $T_g = -10 \text{ °C}$

#### Použití [4]

- Technické použití – směs do betonů a malt
- Obalová technika
- Medicína – protézy



- Sportovní potřeby
- Podkladové tkaniny všívaných koberců
- Umělé trávniky a geotextilie
- atd...

### **5.1.2. Výroba netkané textilie technologií Spunbond**

Tato technologie Spunbond spočívá ve výrobě netkané textilie z taveniny polymeru. Proces výroby začíná tavením polymeru, který je ve formě granulí. Dále probíhá zvlákňovací proces pomocí zvlákňovacích trysek. Část technologie a to konkrétně část tavení a zvlákňování polymeru je prakticky totožná s výrobou syntetických vláken z taveniny polymeru. Trysky jsou umístěny v tryskovém paketu v několika řadách dle typu linky a pracovní šíře. Trysek bývá obecně 14 000 – 19 000 na jedné hlavě a průměr jedné trysky je cca 3mm. Dále následuje odtah od hubice popřípadě dloužení při ochlazení na teplotu vzduchu okolo 20° C. Vláknem je nutné rovnoměrně rozložit na plochu dopravníku, na němž vzniká vlákenná vrstva. Vytvořená vlákenná vrstva je v tomto případě zpevněna horkým kalandrem [15, 19].

### **5.1.3. Zpevnění netkané textilie kalandrem**

Kalandrování je jednou z nejpoužívanějších technologií finálních úprav textilií. Podstata spočívá v tom, že textilie prochází mezi dvěma válci, které jí tlakem formují. Kalandrováním dochází ke zploštění vláken a tím dochází také k vyplnění mezi – vazebních prostor. Kalandrováním lze dosáhnout tvrdšího nebo jemnějšího omaku, lesku a hladkosti. Dále se kalandrování používá k odstranění přebytečné vlhkosti textilie nebo k dosažení různých vzorových efektů [20, 21].

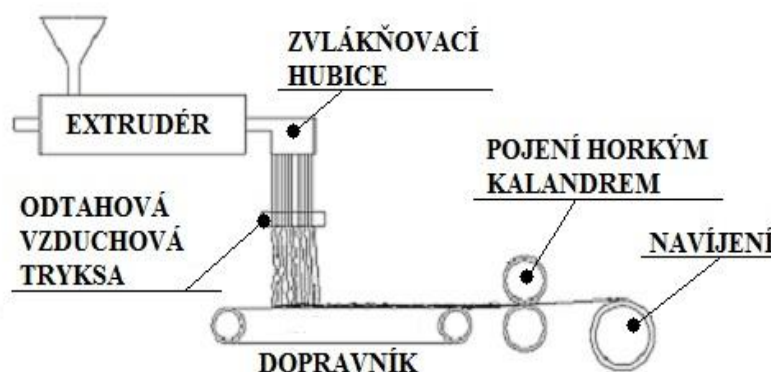
Nejdůležitější částí kalandrovacích strojů jsou přítlačové válce. Tyto válce lze dělit na měkké a tvrdé. Pro použití při technologii výroby podkladové textilie značky Netex jsou používány tvrdé válce. Tvrdé válce jsou vyrobeny z ocele nebo z litiny, které jsou duté a vyhřívané. Jako vyhřívací médium se používá horká pára, plyn, elektrický ohřev nebo olej. Tyto válce mají průměr 150 – 250 mm [20, 21].

Kalandrování je ovlivněno [20, 21]:

- Počtem kalandrovacích válců
- Druhem, uspořádáním, průměrem, teplotou a povrchem válců
- Tlakem mezi válci
- Rychlostí, vlhkostí a napětím procházejícího materiálu

Optimálně je volen počet válců 3 – 5 válců. Rychlost procházející textilie při kalandrování se pohybuje okolo 10 – 70 m / min. Lineární přítlak válců se pohybuje v rozmezí 25 - 400 N / mm, což znamená při šířce válců 200 mm až 80 kN (zatížení válců až 8 tun) [20, 21].

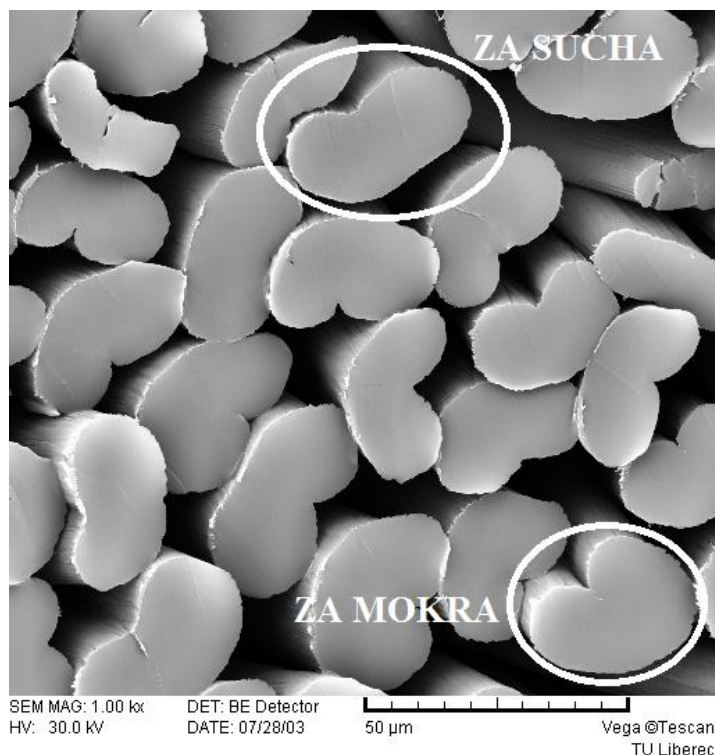
Pro použití těchto technologií v praxi jsou operace propojeny od výroby vláken až po konečné zpevnění netkané textilie dle schématu, viz obr. 9.



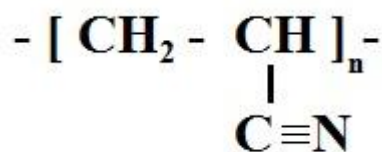
Obr. 9 - Schéma výroby netkané textilie technologií Spunbond spojená se zpevněním horkým kalandrem [15]

## 5.2. Akrylové příze

Akrylové příze jsou vyrobeny z akrylových vláken, která patří mezi chemická vlákna ze syntetických polymerů, viz obr. 10. Akrylová vlákna se dělí do tří skupin. „Pravá“ vlákna jsou tvořena ze 100 % polyakrylonitrilu. Do druhé skupiny patří vlákna obsahující > 85% PAN, která tvoří dvě podskupiny z hlediska výroby za sucha nebo za mokra. A nakonec *Modakrylová vlákna*, která obsahují < 85% PAN [4]. Chemický vzorec akrylových vláken viz obr. 11.



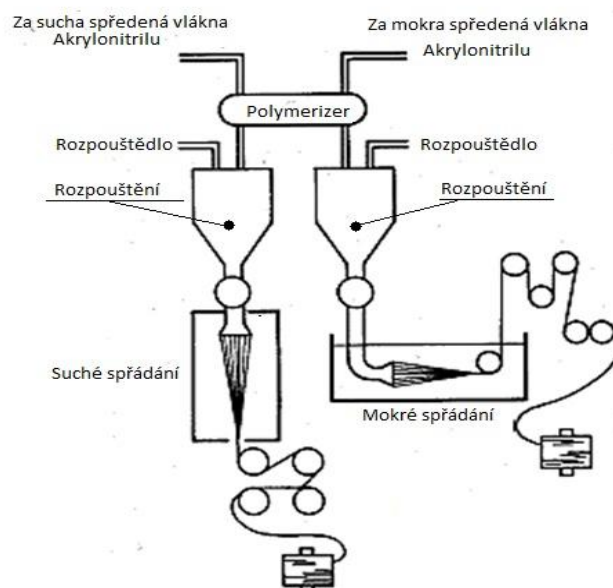
Obr. 10 - Řez akrylovými vlákny [5]



Obr. 11 - Chemický vzorec akrylových vláken [4]

### 5.2.1. Výroba akrylových vláken

V první řadě je třeba vyrobit surový polymer. Akrylová vlákna se rozkládají při teplotě 315 – 320 °C, a nelze je zvlákňovat z taveniny. Zvlákňování se provádí z roztoku a může probíhat dvěma způsoby a to za mokra a za sucha, viz obr. 12. Zvlákňování za sucha, se provádí odpařováním rozpouštědla. Zvlákňování za mokra se provádí pomocí srážecí lázně. Dále probíhá dloužení pro zajištění lepších mechanických pevností a nakonec se provádí tepelná fixace vláken. Vyrábí se ve formě stříže nebo kabelu. Firma Grund používá vlákna ve formě stříže [1, 4].



Obr. 12 - Zvlákňování PAN [5]

### 5.2.2. Vlastnosti akrylových vláken

#### Mechanické vlastnosti [4]:

- \* Pevnost za sucha  $f_s = 1,3 - 3,2 \text{ cN / dtex}$
- \* Pevnost za mokra  $f_m = 90 \% f_s$
- \* Tažnost za sucha 20 – 30 %
- \* Malá odolnost v ohybu a kroucení
- \* Modul 300 – 500 cN / tex
- \* Koeficient tření 0,27
- \* Hustota 1180 – 1220 kg / m<sup>3</sup>

#### Termické vlastnosti [4]:

- \*  $T_g$  ve vodě 60 °C (teplota skelného přechodu)
- \* Při teplotách nad 160 °C vlákno postupně žloutne, hnědne a černá
- \* Špatné vedení tepla (teplý omak)
- \* Vysoká hořlavost  $LOI = 0,182$  (Limitní kyslíkové číslo), uvolňuje jedovaté zplodiny

- \* Bod měknutí 235 °C
- \* Při teplotě 253 °C dochází k 5 % srážení a při teplotě 260 °C k 10 % srážení
- \* Vysoká teplota zesklnění Tg 80 – 100 °C

Nad teplotou skelného přechodu jsou PAN ve vodě velmi snadno neformovatelné [4].

#### **Chování za vysokých teplot [4]:**

- \* Při 160 – 170 °C dochází k cyklizaci a nevratnému hnědnutí
- \* Při teplotě 315 – 320 °C dochází k rozkladu
- \* Při 400 °C černá
- \* Od 600 °C vzniká uhlíkové vlákno

#### **Elektrické vlastnosti [4]:**

- \* Elektrický odpor  $5 \cdot 10^{10} \Omega\text{m}$

#### **Výhody a nevýhody PAN [4]:**

##### **Výhody**

- \* Příjemný vlně podobný omak
- \* Termoizolační vlastnosti
- \* Malá měrná hmotnost
- \* Nízká cena
- \* Dostatečná odolnost vůči světlu (UV záření)

##### **Nevýhody**

- \* Vyšší oděr
- \* Nízká navlhavost
- \* Sklon ke žmolkování
- \* Elektrostatický náboj

#### **Použití**

Používají se ve směsi s vlnou. Pletařské příze nebo pletené výrobky pro svrchní ošacení. Výborně se hodí pro bytové textilie, jako jsou například koupelnové předložky [5].

### 5.3. Zátěry

Zátěry se nanášejí za pomoci válců na koupelnové předložky při definované teplotě a určité vlhkosti. Zátěry jsou nanášeny na rubní stranu podkladové netkané textilie. Slouží k zafixování příze a zároveň také jako protiskluzová úprava. Ve firmě Grund se používají lepidla SikaMelt<sup>®</sup>-9177W a EUF 689 známé pod pojmem Hot Melt a Latex [1].

#### 5.3.1. Hot Melt

Jedná se o průmyslové lepidlo z kategorie tavných. Lepidlo používané firmou Grund a. s. je možné také běžně nalézt pod obchodním názvem SikaMelt<sup>®</sup>-9177 W. Vlastnosti lepidla jsou uvedeny v tabulce 3 [1].

Tab. 3 - Vlastnosti Hot meltu [1]

Chemické složení	Polyolefin
Barva	Bílá
Mechanismus vytvrzení	Fyzikální vytvrzování
Hustota (CQP 006-7)	900 kg / m <sup>3</sup> přibližně
Obsah sušiny	100 %
Viskozita při 180°C (Brookfield Thermosel)	40 000 mPa*s přibližně
Teplota měknutí (CQP 538-5)	112 °C přibližně
Teplotní rozsah aplikace bez omezení časem	160 – 190 °C
Teplotní rozsah aplikace na kratší dobu max. 1h	200 °C
tvrdost Shore A (CQP 023-1 / ISO 868)	65 přibližně
Pevnost v tahu (CQP 036-3)	2,5 N / mm <sup>2</sup> přibližně
Prodloužení při přetrhu (CQP 036-3)	350 % přibližně
Teplotní odolnost (CQP 569-1)	70 °C přibližně
Skladovatelnost (uskladnění pod 25°C v utěsněných nádobách)	12 měsíců

1) CQP = Corporate Quality Procedure

**Popis:**

SikaMelt®-9177 W je víceúčelové, termoplastické Hot Melt montážní lepidlo. SikaMelt® -9177 W je vyráběný v souladu s ISO TS 16949 / ISO 14001 systém zajišťování jakosti a systém řízení péče o životní prostředí [1].

**Výhody produktu [1]**

- Velká pevnost a pružnost pro široký teplotní rozsah
- Vynikající odolnost proti stárnutí a teple
- Nekorodující materiál

**Oblast použití**

SikaMelt ® -9177 W je vhodný pro trvalé lepení na dřevo, textil, netkané materiály a pěny [1].

**Chemická odolnost**

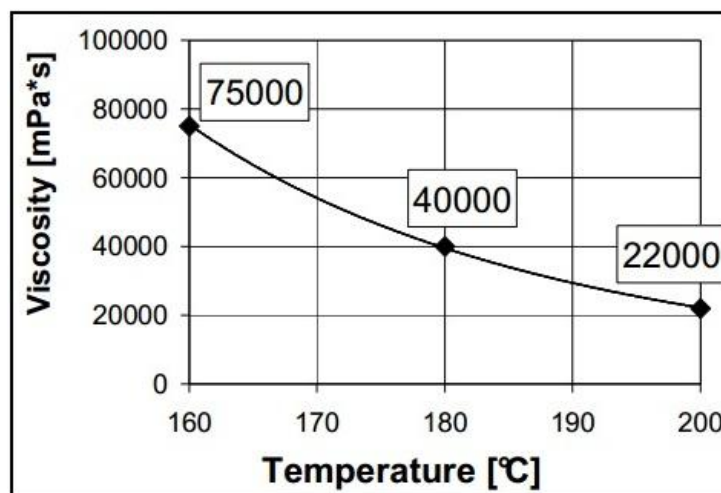
SikaMelt ® -9177 W je odolný vůči vodným povrchově aktivním roztokům, slabým kyselinám a zásaditým roztokům. Dočasně odolný proti pohonným hmotám, rozpouštědlům a minerálním olejům. Vzhledem k tomu, že chemická odolnost závisí na typu a stavu podkladu, chemické koncentraci, době trvání a teplotě, je doporučen test adhezivních / přilnavostních vlastností [1]

**Pokyny pro zpracování: [1]****Příprava povrchu**

Lepené plochy musí být čisté, suché a bez mastnoty, oleje a prachu.

Aplikace SikaMelt® -9177 W je možné zpracovávat a nanášet pomocí vhodného komorového tavicího a čerpacího systému a příslušné nanášecí pistole. Nanášení je možné ve formě spojitého filmu nebo kapkových bodů a stříkáním.

Viskozita lepidla je závislá na teplotě. Pro aplikaci lepidla lze regulovat viskozita změnou teploty, viz obr. 13.



Obr. 13 - Graf závislosti viskozity na teplotě [1]

### Čištění

SikaMelt® -9177 W je možno ze zařízení odstranit omytím pomocí čistícího roztoku SikaMelt-9901 dle předpisu k čištění nářadí a zařízení při zpracování SikaMelt hotmeltů. Ušpiněné plochy a nářadí před jeho vytvrzením je možné očistit pomocí Sika® Removeru 208. Vytvrzený materiál odstraníme pouze mechanicky [1].

### Zpracování

Za působení vysoké teploty (ve společnosti Grund a.s. je to 180°C) se z pevného granulátu (viz obr. 14) tvoří tavenina. Ve firmě Grund je lepidlo Hot Melt ve formě kostek. Tento proces přeměny z pevného do kapalného skupenství se uskutečňuje ve válcovém nanášecím zařízení, které zároveň pomocí nanášecího válce dávkuje odpovídající množství lepidla na rubovou stranu předložky, která zařízením prochází. Toto nanesené lepidlo (cca 1-2 mm silná vrstva) působením okolní teploty rychle vychladne a opět ztuhne. Vrstva lepidla fixuje přízi k podkladové netkané textilií a zároveň plní protiskluzovou funkci. Hot Meltové lepidlo je termoplastický materiál, tudíž se může lepidlo několikrát použít [1, 3].





Obr. 14 - Hot Melt granulát [8]

### 5.3.2. LATEX

Jedná se o syntetickou látku, která nahradila dříve používaný přírodní kaučuk. Obecně je syntetický latex ve formě vodné disperze založené na styren-butadienovém kopolymeru vyráběném emulsní kopolymerací za použití anionických emulgátorů (dle závislosti na použití může ještě obsahovat různé modifikační přípravky). Vlastnosti latexu jsou uvedeny v tabulce 4. Syntetický latex našel svá uplatnění především k výrobě gelových a negelových pěnových výrobků, na konečnou úpravu latexu, impregnaci netkaných textilií, atd. Dále se používá také ve stavebnictví k výrobě asfaltově-latexových emulzí na utěsnění střešních krytin [1, 2].

Produkt je dodavatelskou firmou vyvinut přímo pro potřeby firmy GRUND a.s. Konkrétně jako EUF 687, což je pěna na bázi styren-butadienového latexu nasyceného uhličitánem vápenatým. Tato disperze také obsahuje disperzní prostředky, mýdlo, anti-oxidanty, baktericidní a polyakrylátové zahušťovadlo [1].

Tab. 4 - Vlastnosti Latexu [1]

<b>Celkový obsah pevných látek</b>	77 – 79 %
<b>Viskozita</b>	40 - 45 mPa*s
<b>pH</b>	9,5 - 11
<b>Hustota</b>	1000 - 1300 kg / m <sup>3</sup>
<b>Barva</b>	Bílá
<b>Skladovací teplota</b>	5 - 30 °C
<b>Trvanlivost</b>	3 měsíce (v originálním zabaleném balení)

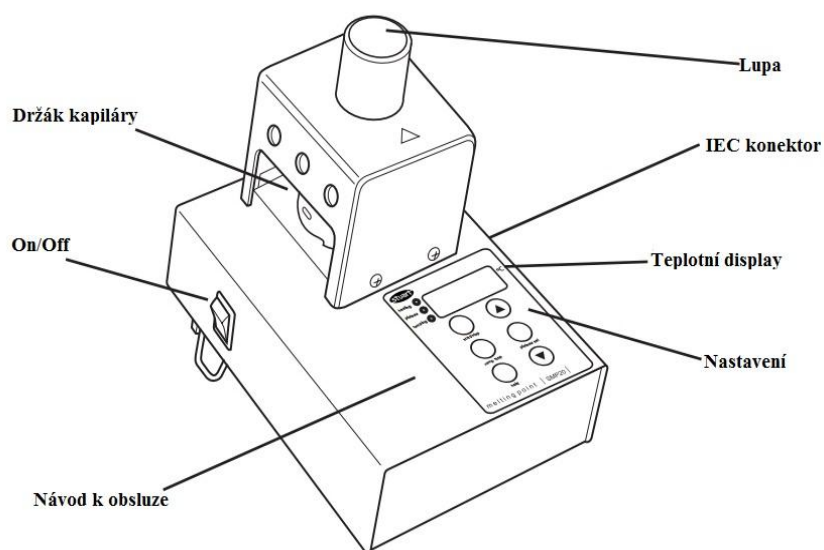
Jeho uplatnění je především ve strojovém šití (Machine tufting). Při automatizovaném nátěru se používá latex ve formě pěny. Nátěr fixuje přízi k podkladové netkané textilií a zároveň plní opět protiskluzovou funkci. Latexové pojivo nelze znovu tepelně zpracovat (roztavit) a následně ho použít [3].

## 6. Přístroje používané v experimentální části

Pro ověření základních principů vybraných návrhů budou použity níže uvedená zařízení.

### 6.1. Přístroj Bodotávek

Pro ověření složení podkladové textilie bude využito přístroje Bodotávek (viz obr. 15). Při tavení dochází v podstatě ke změně skupenství polymeru oddělením makromolekul. Tento proces lze sledovat pouhým okem přes lupu přístroje. Přístroje jsou založeny na velmi jednoduchém principu charakterizace určitého materiálu pomocí zjištění teploty tání. Do bodotávku se vkládá malý kousek měřeného vzorku (vkládané vzorky se liší dle určitého druhu konstrukce bodotávku), který se zahřeje a roztaví vzorek materiálu. Zobrazená teplota roztaveného materiálu identifikuje materiál [7].



Obr. 15 - Bodotávek [7]

## 6.2. Mykací stroj

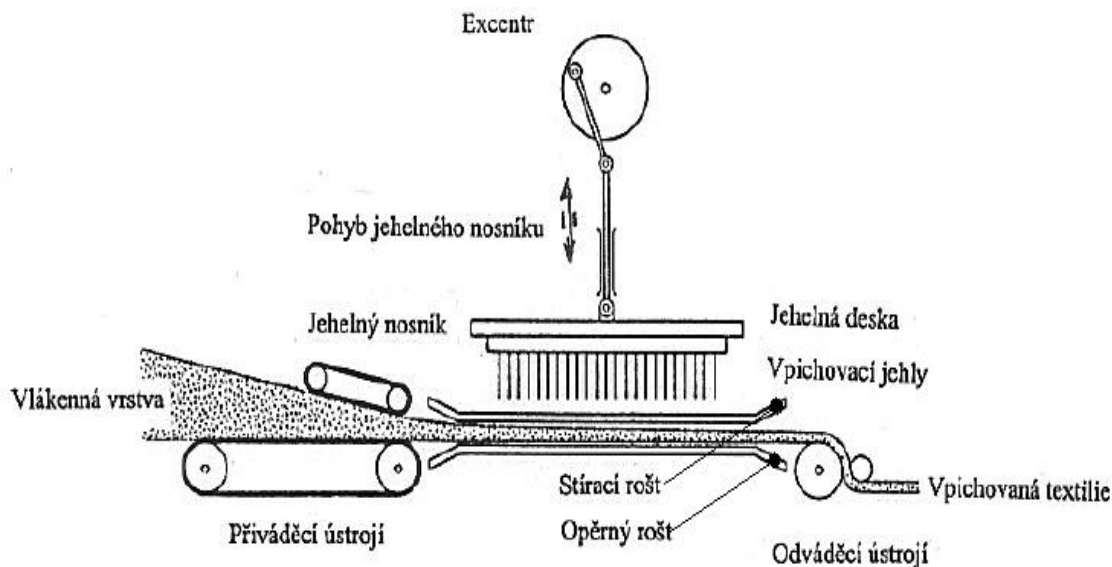
Pro výrobu vzorku netkané textilie a jiného typu koupelnové předložky bude využit válcový mykací stroj, viz obr. 16. Mykání je nejdůležitější operace v celé technologii. Na kvalitě výsledného produktu mykacího stroje závisí kvalita produktu. Základním účelem mykání je: rozvláknit předkládaný vlákenný materiál na jednotlivá vlákna, vyloučit nečistoty a krátká vlákna, urovnat vlákna do podélného směru a částečně je napřímít, promíchat vlákenný materiál, zvýšit stejnoměrnost vlákenného produktu a nakonec vytvořit jemnou pavučinku, ze které bude připraveno rouno pro další operaci a to zpevňování na vpichovacím stroji [13].



Obr. 16 - Válcový mykací stroj

### 6.3. Vpichovací stroj

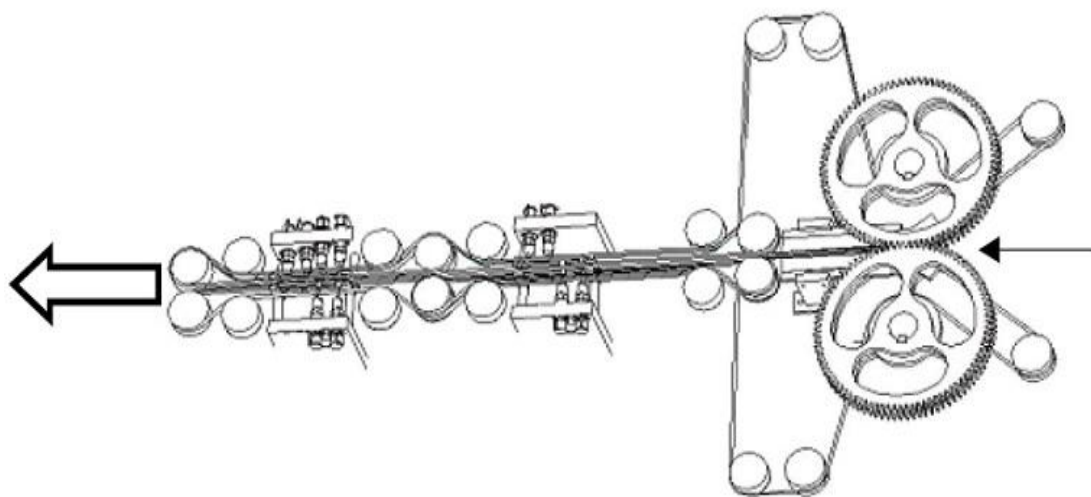
Zpevňování vlákněné vrstvy (rouna) je založeno na principu provazování vlákněné vrstvy svazky vláken, které jsou vtahovány do rouna pomocí ostnů vpichovacích jehel. Při této technologii dochází ke změně orientace vláken a je vytvářena netkaná textilie podobná plsti. Mezi jednotlivými vlákny vznikají třecí síly, které zajišťují potřebnou soudržnost a pevnost vlákněné vrstvy. Současně také dochází k výrazné redukci tloušťky vlákněné vrstvy. Existuje celá řada způsobu vpichování (podélné, kolmé a příčné), z nichž je nejrozšířenější vpichování kolmé, které má tu výhodu, že stroje jsou velmi jednoduché konstrukce, viz obr. 17. Tento typ vpichování byl zvolen i pro zpevnění vlákněného rouna vytvořeného v rámci praktické části [15].



Obr. 17 - Vpichovací zařízení [15]

#### 6.4. Stroj ROTIS II

Stroj Rotis II (viz obr. 18) umožňuje vertikálně skládat netkané textilie tloušťky 3 – 7 mm s vyšším odporem proti deformaci stlačováním. Technologické možnosti výroby jsou jednovrstvé produkty, dvouvrstvé produkty a třívrstvé produkty [35].



Obr. 18 - Stroj Rotis II [35]

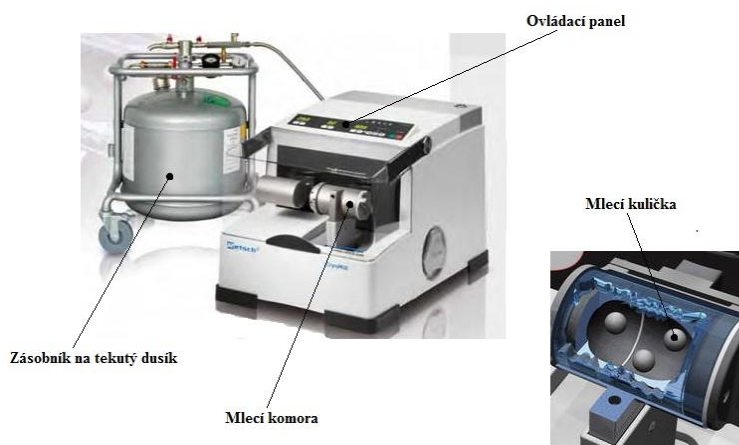
Stroj obsahuje dvě základní pracovní části stroje a to podávací válec a pracovní válec. Podávací válec odebírá materiál definovanou rychlostí a pracovní válec neboli

kladeč nabírá dopravený materiál do profilových zubů a tvaruje ho. Následně transportuje materiál ve výsledné podobě skladu na výsledný dopravník [35].

Stroj Rotis I, Rotis II a Rotis III se liší pouze ve velikosti zubů a šířce pracovní plochy. Dle seřízení stroje lze ovlivňovat vzhled a pevnost. Předpokládané oblasti aplikace jsou: pro osobní hygienu jako použití pro sorpční jádra, filtrace a také pro použití jako náhrada PU pěny v automobilovém průmyslu [35].

## 6.5. Přístroj Cryomill

Pro drcení odpadu z koupelnové předložky byl použit přístroj Cryomill. Princip přístroje Cryomill, viz obr. 19. spočívá ve zchlazení materiálu na velmi vysokou teplotu tekutým dusíkem. Při této teplotě se materiál stává extrémně křehkým. Materiál může být rozdrcen až na velikost  $\mu\text{m}$ . Velikost částic je závislá na materiálu a také době drcení. Objem závitové nádoby, do které se vkládá materiál určený k drcení, se vyrábí v několika variantách od 25 ml do 50 ml. Prostřednictvím ovládacího panelu lze regulovat dobu drcení od 10 sekund do 99 minut a frekvence od 3 – 25 Hz. Cryomill má široké spektrum využití například ve zpracování potravin, kostí, půdy, tkání, textilu, dřeva, plastů atd. [14].



Obr. 19 - Kryogenní mlýnek – Cryomill [12]

## 6.6. Přístroj ZetaSizer Nano ZS

Pro měření velikosti částic rozdrčených odpadů koupelnové předložky byl použit přístroj ZetaSizer Nano ZS , viz obr. 20. Přístroj Zetasizer Nano je určený k měření velikosti částic, molekulové hmotnosti a Zeta- potenciálu. Systém pro měření velikosti částic měří Brownův pohyb s použitím dynamického rozptylu světla. Brownův pohyb je definován jako „náhodný pohyb částic v kapalině “. „Částice vykonávají ustavičný neuspořádaný pohyb v kapalném nebo plynném prostředí“. „Částice v kapalině se pohybují náhodně, a rychlost jejich pohybu se používá pro stanovení velikosti částice“. Čím jsou částice menší, tím je jejich pohyb rychlejší. Tento pohyb je dále uváděn do vztahu s velikostí částic. Osvětlení částic vzorků je prováděno pomocí laseru, rozptýlení světla od částic zachycuje detektor, který pomocí algoritmů vypočítává velikost částic. Přístroj ZetaSizer Nano ZS je určen pro měření velikosti částic v rozsahu 0,6nm až 6 $\mu$ m, dále pro částice které mají přibližně tvar koule [16].



Obr. 20 - Přístroj Zetasizer Nano ZS [17]

## 6.7. Přístroj Retsch AS 200

Přístroj Retsch AS 200 (viz obr. 21 vlevo) je určen pro zjišťování velikosti částic podle různých druhů a velikostí sít. Elektromagnetický pohon, který je regulovatelný zajišťuje rovnoměrné rozprostření síťovaného materiálu díky třídimenzionálnímu pohybu. Pohyb je vykonávám jak horizontálně tak vertikálně a jedná se o takzvaný



vibrační pohyb s 3D efektem. Prosévání je možné provést pouze za sucha. Mezi hlavní výhody patří krátké doby sítování s vysokou účinností dělení částic. Rozměry měřených velikostí částic se pohybují v rozmezí 20  $\mu\text{m}$  - 25 mm. Je možné použít síta o průměrech 100 mm, 150 mm, 200 mm a 203 mm, viz obr 21 vpravo. Maximální dávka vstupního materiálu nesmí přesáhnout 3 kg. Přístroj lze uplatnit pro různé aplikace, například k sítování chemikálií, hnojiv, kávy, pracího prášku, písku, plastů atd. [18].



Obr. 21 - Sítovací přístroj Resch AS 200 a různě veliká síta [18]

## 6.8. Přístroj Rotační reometr

Pro měření viskozity podkladové textilie byl použit přístroj Rotační reometr, viz obr. 22. Použitý typ přístroje má tyto parametry. Teplotní rozsah přístroje je do 550 °C a rychlost ohřevu 50 °C / min. Rychlost ochlazování při ohřevu na 550 °C je 15 °C / min. a při ohřevu na 100 °C je 5 °C / min. Přesnost teploty je  $\pm 0,5$  až  $\pm 0,2$  °C během 2 minut dle zvoleného režimu. Vzorek vkládán do přístroje může být o rozměrech maximálně 38 x 10 x 0,8 mm. Rozměry geometrie mohou být například u typu deska a kužel do průměru 40 mm. Přístroj využívá metodu vyhřívání horkým vzduchem [34].

Rotační viskozimetr patří mezi nepoužívanější přístroje, které umožňuje velmi rychlé určení parametrů jako je například viskozitní křivka. Rotační viskozimetr je opatřen počítačovou podporou, která umožňuje analýzu naměřených dat. Měření na



rotačním reometru může probíhat pomocí třech typů geometrie. Jedná se o geometrie typu kužel, válec a disk [29].



Obr. 22 - Rotační reometr

V této práci byl použit typ geometrie kužel – deska. Mezi hlavní výhody této geometrie patří konstantní smyková rychlost, malé množství vzorků, systém umožňuje regulaci teploty a také snadné čištění atd. Mezi nevýhody tohoto systému patří obtížnější nastavení souososti měřicího systému a problematické měření materiálů vykazujících významné normálové napětí (tzv. Weissenbergův efekt). Rovněž může docházet ke zkreslení výsledků nesprávným dávkováním měřeného materiálu [29].

## 6.9. Přístroj Marcatex 150 / 250 Flexi

Laser je optický zdroj, který vyzařuje velmi úzký paprsek světla o specifickém vlnění. Na rozdíl od běžného světla je laserové vlnění koherentní a monochromatické což znamená, že světlo vyzařované laserem má stejnou frekvenci vlnění, směr kmitání i fázi (koherentnost). Monochromatické záření je vlnění o jedné vlnové délce. Laserové technologie jsou v dnešní době velmi používané především díky svým výhodám, jako jsou například nízké provozní náklady, vysoká přesnost a kvalita, rychlost atd. [38].

K vývoji laserového záření dochází v generátoru vlnění s vysokým buzením (excitací – dochází různými způsoby, jako je světelný záblesk, elektrický výboj,

chemická reakce), v němž dochází postupnou akumulací k výraznému energetickému zesílení. Vlastnosti laserového paprsku jsou regulovány prostřednictvím různých optických zařízení, kde se paprsek například dodatečně zaostřuje. Pomocí laseru lze provádět gravírování, vrtání, řezání, svařování, značení atd. [38].

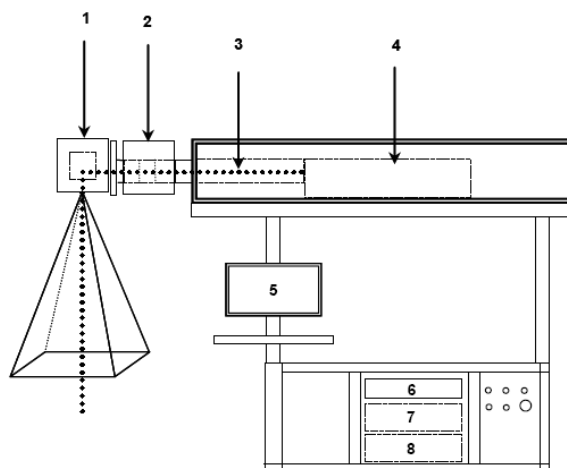
Použitý přístroj Marcatex 150/250 Flexi (viz obr. 23) je CO<sub>2</sub> laserový systém buzený vysokou frekvencí, který je určen pro řezání, svařování nebo laserové gravírování pro průmyslové aplikace. Marcatex 150/250 Flexi systém je zcela kompaktní, jak je vidět na obrázku, to znamená, že jsou všechny prvky, integrované do jedné ovládací skříně [39]. Technické parametry jsou uvedeny v tabulce 5.

Tab. 5 - Technické parametry přístroje Marcatex Flexi [39]

Maximální průměr laserového paprsku v hlavě skeneru	20 mm
Posuv paprsku	25,74 mm
Rychlost značení	200 bitů / ms
Rychlost skoku	5000 bitů / ms
Chyba zvětšení	< 5 mrad
Nulová kompenzace	< 5 mrad
Šikmost polohy	< 1,5 mrad
Maximální rozsah nastavení	0 - 65 535 bitů
Maximální skenovací úhel	± 0,37 rad
<b>Zrcadla</b>	
Provozní vlnová délka	9300 nm až 10,6 μm
Odrazivost	10,6 μm
Maximální hustota výkonu laseru	300 W/cm <sup>2</sup>
Maximální výkon laseru	400 W
Provozní teplota	25 °C ± 10 °C
<b>Chlazení</b>	
Tepelné zatížení	2000 W max.
Průtok chladiva	4 l / min. minimálně
Teplota chladicí kapaliny	19 - 25 °C (± 1 °C)
Tlak chladicí kapaliny	2,2 - 6,0 bar

Laserový rezonátor (1) je místo, kde je umístěn laserový generátor, což je mechanismus, který generuje laserové záření k získání různých obrazců. Paprsek musí mít optimální vlastnosti z optického hlediska. Optická trubice (2), variabilita laserového paprsku je závislá na vnitřním generátoru. Všechny optické prvky přístroje jsou umístěny uvnitř optického boxu (3), který je chráněn bezpečnostním víkem. Pracovní

hlavou (4) se změnou modulace laserového paprsku lze získat reálnou představu o obrazu, který byl připraven v návrhu programu. Jedná se o velmi citlivé složky a je třeba s nimi zacházet opatrně. Výkon laseru je chráněn pomocí ochranného okna. PC jednotka (5) je místo, kde je prováděna celková kontrola nastavení. PC je umístěný na speciální podpoře na jedné straně konstrukce přístroje. Spolu se zdrojem napájení (7) a RF zdroje (8) je uprostřed PC modul (6) [39].



Obr. 23 - Schéma laserového systému [39]

Marcatex flexy je ovládán pomocí speciálního softwaru prostřednictvím PC. Ovládací software EasyMark se skládá z textové a grafické části na jedné straně, a laserového specifického zpracování dat na straně druhé. Grafický editor proto nabízí nejen rozsáhlé vykreslovací funkce, ale i funkce pro nastavení parametrů obrábění. Nejdůležitější vlastností grafického editoru je otevřené rozhraní umožňující importovat existující grafiku, CAD výkresy, bitmapové výkresy nebo text a online integraci variabilních výrobních dat z externích souborů [39].

## 7. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

V této části práce je uveden souhrnný přehled strukturních parametrů vybraných odpadů. Na základě těchto popsaných parametrů je navrženo využití vybraných odpadů a dále je provedeno experimentální ověření vybraných návrhů.

## 8. STRUKTURA VYBRANÝCH ODPADŮ

Struktura vybraných odpadů byla zjišťována z důvodu získání parametrů pro celkové zhodnocení využitelnosti odpadu. Tyto parametry byly dále využity pro experimentální část a pro návrhy možného budoucího zpracování. Struktura koupelňové předložky je uvedena pouze z informativních důvodů a dále se s ní nijak nepracuje.

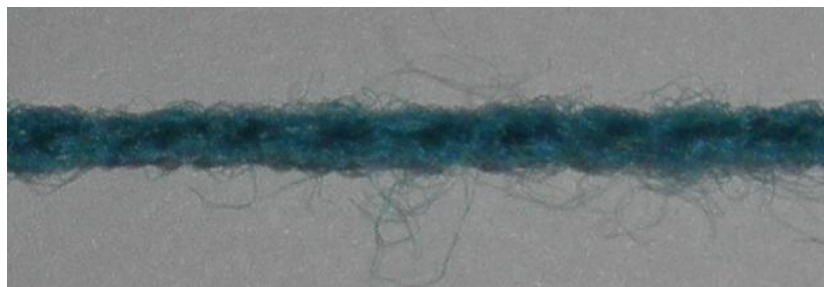
### 8.1. Struktura koupelňových předložek

Rozměry koupelňové předložky se pohybují v rozmezí 50 x 60 cm – 70 x 120 cm. Délka vlasu, která ovlivňuje komfort uživatele, se pohybuje v rozmezí 12 – 38 mm u ručního šití. U strojového šití na přístroji COLORTECK je možné vyrobit předložky s délkou vlasu až 15 - 22 mm [1].

Předložka s délkou vlasu 18 mm má plošnou hmotnost cca 1100 g / m<sup>2</sup>. Hustotu vpichů je možno regulovat, běžně se však pohybuje okolo 440 000 vpichů / m<sup>2</sup>.

### 8.2. Struktura akrylové příze

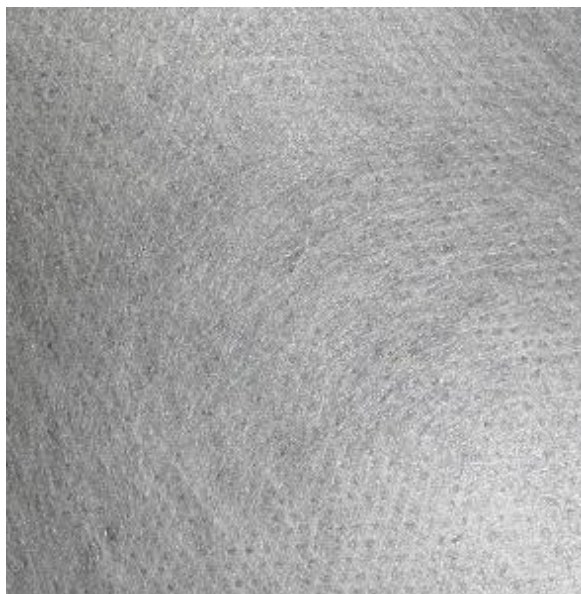
Délka odpadové akrylové příze se pohybuje cca od 10 cm do 2,5 m. Průměrná délka vláken ve skané přízi je 137,32 mm a průměrná jemnost vláken je 0,701tex [3]. Skací zákrut dvojité příze je 171 / m. Směr zákrutu udělený ve firmě Grund je levý (S). Jemnost příze se pohybuje okolo 305,35 tex. Struktura akrylové příze, viz obr. 24.



Obr. 24 - Struktura příze

### 8.3. Struktura podkladové textilie

Rozměry odpadové podkladové textilie jsou v různých velikostech a tvarech. Plošná hmotnost podkladové textilie je  $175 \text{ g / m}^2$ . Tloušťka materiálu je 0,43 mm. Struktura podkladové textilie, viz obr. 25.



Obr. 25 - Struktura podkladové textilie

### 8.4. Struktura odřezků

- Odřezky z koupelnové předložky, které se skládají z podkladové textilie, všité příze a zátěru Latex. Odřezky jsou v různých velikostech většinou ve formě pruhů. Na základě hmotnostních rozdílů jednotlivých složek v koupelnové předložce bylo vypočítáno, že celkový odpad je tvořen z 31,5 % podkladovou textilií, z 23,55 % akrylovou přízí a ze 44,95 % latexovým zátěrem.

- Odřezky z koupelnové předložky, které se skládají z podkladové textilie, všité příze a zátěru Hot Melt. Odřezky jsou v různých velikostech většinou ve formě pruhů. V tomto případě je celkový odpad tvořen z 29 % podkladovou textilií, z 21,7 % akrylovou přízí a ze 49,3 % zátěrem Hot Melt.

## 9. NÁVRHY VYUŽITÍ VYBRANÝCH ODPADŮ

Byly vybrány tři druhy odpadu a to konkrétně akrylové příze, čistá podkladová textilie a odpad obsahující všechny složky včetně zátěru z rubové strany. Odpad ve formě přízí byl vybrán z důvodu nízkých prodejních zisků firmy. Zbylé dva odpady byly vybrány, protože slouží ve firmě Grund k likvidaci.

Návrhy využití vybraných odpadů budou sloužit, jako přehled možností nakládání s tímto odpadem. Vybrané návrhy by mohly také sloužit pro rozšíření určitých výrobních technologií.

### 9.1. Odpadové akrylové příze

Tato část odpadů je firmou prodávána za nízkou cenu. V případě, že by firma Grund volila zpracování přízí v jednobarevné formě je nutné odpadové příze ještě před samotným zpracováním třídit dle barevnosti. Akrylové příze by bylo dále možné využívat k výrobě přízí, netkané textilie, nového typu předložky a uhlíkových vláken.

#### a) Příze

Vrácení odpadových vláken zpět do procesu. Rozvlákněním na vláknennou pavučinu na mykacím stroji (proces rozvláknování je popsán níže, viz kapitola 10.2. Rozvláknění je nutno opakovat, dokud se nerozvlákní poslední zbytky přízí. Takto vzniklý produkt by bylo dále možné opět zpracovávat do původní formy přízí. Tyto příze nemusí sloužit pouze pro potřeby firmy Grund, ale je možné takto zpracované příze také prodávat.

#### b) Netkaná textilie

Vhodná netkaná textilie by byla vyrobena rozvlákněním odpadových vláken na vláknennou pavučinu na mykacím stroji. Vláknennou pavučinu lze zformovat do rouna, které je dále možné mechanicky zpevňovat například na vpichovacím stroji (proces vpichování je popsán níže, viz kapitola 10.2). Těmito technologickými operacemi lze vyrobit vpichovanou netkanou textilií, kterou je možné použít:

- jako odhlučnění pro automobilový průmysl a stavební průmysl

- jako filtrační materiál pro vzduchovou filtraci
- jako polstrování v bytovém textilu
- jako tepelná izolace pro potrubí, stěny nebo střechy

Na netkané textilie je možné aplikovat různé úpravy dle jejich budoucího využití. Netkanou textili z tohoto materiálu by bylo nutné opatřit nehořlavou úpravou před použitím v praxi.

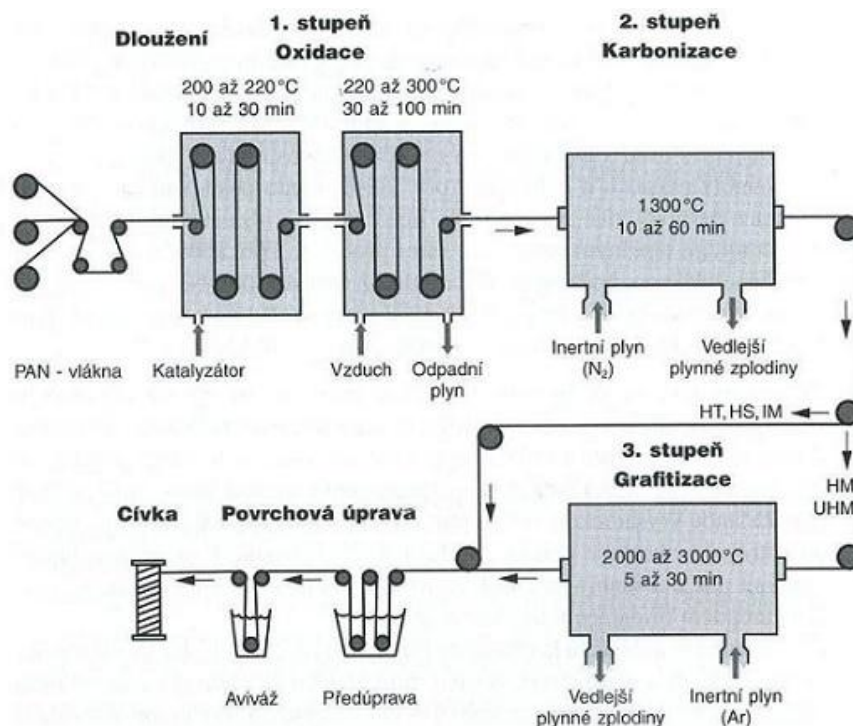
#### c) Nový typ předložky

Nový typ předložky je možné vyrobit z odpadových vláken rozvlákněním pomocí mykacího zařízení a tím vytvořit vláknennou pavučinu. Vláknennou pavučinu lze zformovat do rouna, které je dále možné mechanicky zpevnit na vpichovacím stroji (proces vpichování je popsán níže, viz kapitola 10.2). Těmito technologickými operacemi vzniká vpichovaná netkaná textilie s požadovanou tloušťkou a rozměrem. Takto připravená netkaná textilie bude zpevněna zátěrem Latex z rubní strany ve firmě Grund. Na lící stranu netkané textilie je možné vytvořit laserem různé tvary a obrázky. Tímto způsobem dochází také ke zlepšení fixace vláken na povrch netkané textilie. Takto vytvořený nový typ předložky má mnohostranné využití.

#### d) Uhlíková vlákna z PAN

Akrylová vlákna jsou nejvhodnější surovinou pro výrobu uhlíkových vláken pyrolýzou. V první fázi probíhá současně stabilizace na suchu při teplotě 200 – 220 °C a napínání. Při použití staplových vláken (které konkrétně používají ve firmě Grund) dochází ke srážení. V této fázi vznikají žebříčkovité struktury, které obsahují kyslík. Po této operaci se vlákno změní vizuálně, tak že zčerná. Karbonizace probíhá za teplot cca 1300 °C, čímž se docílí hexagonální uhlíkové sítě, které je doprovázeno uvolňováním plynných zplodin. Schéma výroby různých druhů uhlíkových vláken z PAN, viz obr. 26. Vlákna vzniklá karbonizací lze rozdělit dle typu na vlákna s vysokou pevností (HS), vlákna s vysokým modulem (HT) a vlákna se středním modulem (IM). Vlákna vzniklá grafitizací jsou s vysokým modulem (HM) a vlákna s extrémně vysokým modulem (UHM). Vzniká vícevrstvá grafická struktura. Další technologická operace je povrchová úprava, která se skládá z předúpravy a aviváže. Epoxidové

pryskyřice se používají jako aviváž. Epoxidové pryskyřice zlepšují zpracovatelnost a snižují tendenci k povrchové destrukci [4, 41].



Obr. 26 - Schéma výroby uhlíkových vláken [40]

Využití uhlíkových vláken je možné jako výztužný materiál pro výrobu kompozitů různého využití například v automobilovém průmyslu.

## 9.2. Odpady podkladové textilie značky Netex

### • REGRANULACE

Zpracování termoplastických polymerů je možné také pomocí vytlačování z taveniny. Kobercový odpad je převážně v nevhodných tvarech a rozměrech, proto je třeba, aby odpad prošel nejprve procesem zmenšení velikostí částic (např. drcením) [28].

Drcený odpad se používá jako vstupní materiál pro různé extrudéry. V těchto extrudérech se provádí proces tavení. Pomocí vnitřního šroubu dochází k vytlačování taveniny přes matrice různých tvarů. Extrudéry jsou opatřeny odvětráváním z důvodů uvolňování těkavých plynů následkem odpařování různých úprav vstupního materiálu, vlhkosti a různých nečistot jako jsou například maziva. Vytlačovaný tekutý polymer je



převáděn do tvaru granulí (tzv. pelety). Existuje několik druhů tzv. peletizérů, které je možné použít například pramenné peletizéry, podvodní peletizéry a dále také například tepelná regenerace například pomocí přístroje Erema [28, 30].

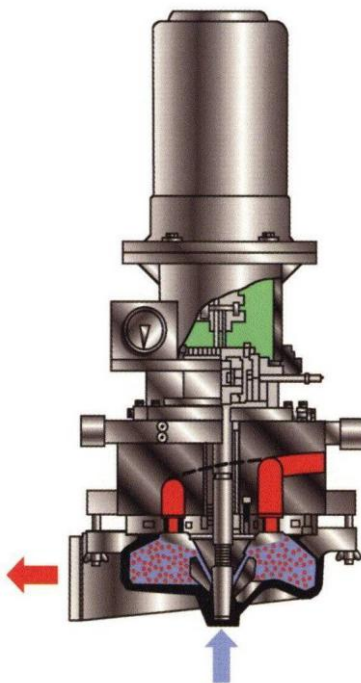
Výběr vhodného peletizérů je založeno na vlastnostech předkládaného polymeru, jako je například typ, teplota tavení, index toku taveniny a provozní charakteristiky (stupeň automatizace, požadovaná kvalita výstupních pelet). „Změnu viskozity taveniny lze řešit vhodnou volbou technologie zpracování. Opačnou hodnotou viskozity je „Index toku“ (kolik g taveniny vyteče definovanou tryskou za definované teploty za 10 minut)“ [28].

V **pramenném peletizéru** (viz obr. 27) jsou prameny vláken ochlazovány v nádrži s vodou, odvodňovány a převáděny do tvaru pelet. Tato metoda vyžaduje poměrně velkou podlahovou plochu a neustálý dohled operátora [28].



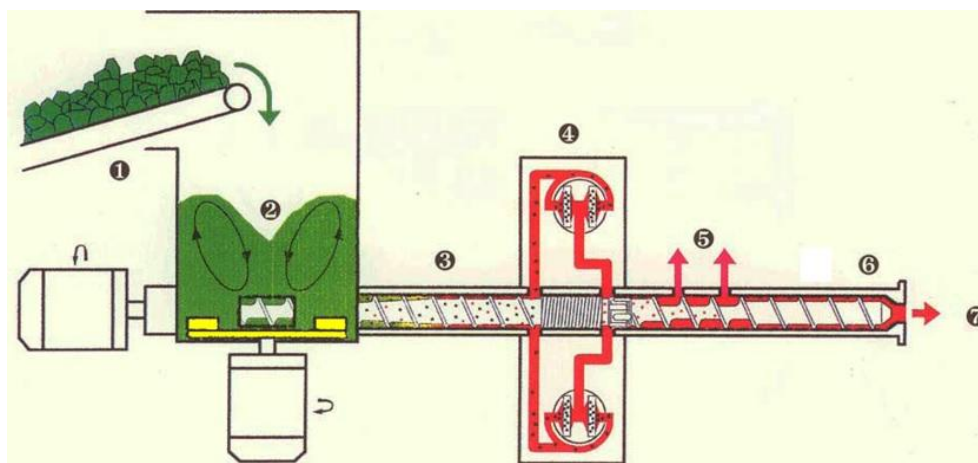
Obr. 27 - Pramenný peletizér [31]

V *podvodním peletizéru* (viz obr. 28) jsou vytlačována vlákna z matrice do vodní lázně a prameny jsou děleny do tvaru pelet pomocí otáčecího nože ještě před tím, než polymer ztuhne [28].



Obr. 28 - Podvodní peletizér [32]

*Tepelná regranulace* (viz obr. 29) je prováděna z odpadu polypropylenu, který je dopravován do násypky. V násypce je materiál sušen a pomocí nožových mlýnů rozemlet. Dále je rozemletý materiál dopravován do extrudéru, kde je roztaven, promíchán a zhutněn. Pomocí filtrů je materiál zbaven nečistot, a separačními membránami je zbaven bublinek vzduchu. Poté je materiál vytlačován tryskami a sekán na granule. V konečné fázi je sekáný materiál chlazen. Tato tepelná regranulace může být prováděna pomocí přístrojů Erema [30, 42].



Obr. 29 - Tepelná regranulace - Erema TVEplus [30]

Mezi hlavní výhodu tepelné regranulace patří nízké náklady při zpracování a jednoduchost. Dále je možné produkovat v rámci jedné linky suroví materiál ve formě granulí, nebo přímo hotový výrobek např. syntetická vlákna. V rámci tepelné regranulace je možné zpracovávat odpadový materiál takřka v jakékoliv formě (vlákna, pásy, lahve atd.). Mezi hlavní nevýhody patří omezení ve zpracování pouze termoplastických polymerů. Dále je vyžadováno kvalitní třídění a čištění vstupního materiálu [30, 42].

Výstupní materiál ve formě granulí je přidáván ke granulím primárního polymeru. Materiál může být dále zpracováván buď formou zvláknění, nebo v plastikářském průmyslu [30].

- ODKOUPENÍ ODPADOVÉ NETKANÉ TEXTILIE ZPĚT FIRMOU DUPONT

Po telefonické konzultaci s odborníkem na materiál Typar (Netex) z firmy Dupont bylo zjištěno, že tato firma neodebírá zpět své prodané materiály pro výrobu recyklátu a to z důvodu kladení důrazu zákazníků na vysokou kvalitu primárního materiálu. Firma Dupont nemá v blízké budoucnosti v úmyslu zpracovávat recyklát.

V případě, že se firma Grund v budoucnu rozhodne recyklovat odpadovou podkladovou textilií, bylo by možné využít podnikovou recyklaci uzavřeného cyklu na výrobu nové podkladové textilie. Toto se provádí pomocí recyklační pyramidy, viz obr. 30 [37].

Průchod materiálu strojem	Procentuelní složení dávky
0	100 <sub>(0)</sub>
1	20 <sub>(1)</sub> / 80 <sub>(0)</sub>
2	4 <sub>(2)</sub> / 16 <sub>(1)</sub> / 80 <sub>(0)</sub>
3	0.8 <sub>(3)</sub> / 3.2 <sub>(2)</sub> / 16 <sub>(1)</sub> / 80 <sub>(0)</sub>
4	0.2 <sub>(4)</sub> / 0.6 <sub>(3)</sub> / 3.2 <sub>(2)</sub> / 16 <sub>(1)</sub> / 80 <sub>(0)</sub>
5	0.04 <sub>(5)</sub> / 0.12 <sub>(4)</sub> / 0.64 <sub>(3)</sub> / 3.2 <sub>(2)</sub> / 16 <sub>(1)</sub> / 80 <sub>(0)</sub>
6	0.01 <sub>(6)</sub> / 0.02 <sub>(5)</sub> / 0.13 <sub>(4)</sub> / 0.64 <sub>(3)</sub> / 3.2 <sub>(2)</sub> / 16 <sub>(1)</sub> / 80 <sub>(0)</sub>

Obr. 30 - Recyklační pyramida uzavřeného cyklu [37]

Obrázek znázorňuje složení zpracovávaného materiálu, po šesti opakovaných průchodech strojem. Nejprve se zpracovává 100% originálního materiálu. Při druhém opakování z odpadu se odebere 20% a přidá se k němu 80% originálního materiálu. Takto smíchaný materiál se znovu zpracovává. Tento postup se opakuje až k získání 0,01% což je šestkrát zpracováváný recyklát [37].

Lze se tedy domnívat, že s každým cyklem může dojít ke zhoršení vlastností. Tuto myšlenku by bylo ovšem nutné experimentálně ověřit.

### 9.3. Odpady ve formě odřezků koupelnové předložky

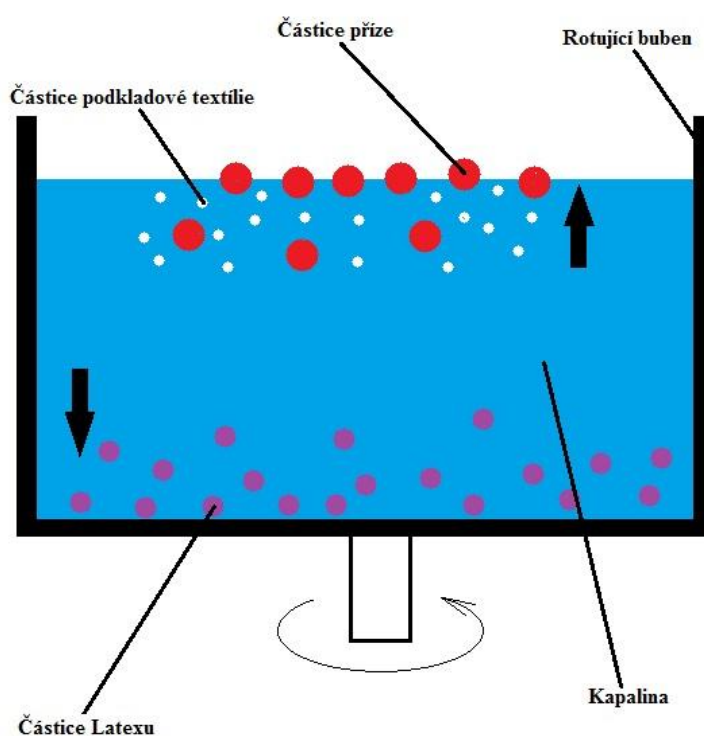
- DRCENÍ A NÁSLEDNÁ SEPARACE ČÁSTIC

Odpad z koupelnové předložky je možné drtit (pomocí například nožových mlýnů, kulových mlýnů a kryogenního drcení) a následně separovat. Separaci lze provádět prostřednictvím rozdílných hustot složek, flotací anebo elektrostaticky. Jelikož má polypropylen velký hustotní rozdíl oproti vlákennému materiálu (viz Tab. 6) ze kterého jsou vyrobeny příze předložek, mělo by být poměrně jednoduché separovat polypropylen [28].

Tab. 6 - Hustoty jednotlivých komponent koupelnové předložky [4]

Materiál	Hustota [ $kg / m^3$ ]
Polypropylen	910
Akrylová vlákna	1180 – 1220
Latex	1300
Hot Melt	900

Tuto takzvanou hustotní separaci by bylo možné provádět v podstatě ve dvou krocích. V prvním kroku je zvolena kapalina, která má hustotu menší než je hustota latexu a zároveň větší než je hustota příze a podkladové textilie. Separace probíhá v rotujícím bubnu. Jako kapalina v prvním kroku může být zvolena Glycerin, která má hustotu  $1261 \text{ kg / m}^3$ . Rozdrcené částice se rozdělí dle hustot tak, že částice s vyšší hustotou (latex) než je hustota glycerinu, budou klesat ke dnu a částice s nižší hustotou (polypropylen a akryl) budou stoupat na hladinu, viz obr. 31 [28].



Obr. 31 - Schéma hustotní separace

Následuje proces filtrace odseparovaných částic. V druhém kroku po filtraci zbývá rozdělit dva materiály a to polypropylen a částice akrylových vláken. Tohoto může být opět docíleno další hustotní separací, kde musí být zvolena kapalina o jiné hustotě. Jako kapalina by zde mohla být volena voda, která má hustotu  $1000 \text{ kg / m}^3$ . Proces separace poté probíhá stejným způsobem jako v prvním kroku [28].

Tento postup hustotní separace nemůže být volen u odpadu, který je opatřen zátěrem Hot Melt. Je možné provést pouze první krok, při kterém dojde k odloučení částic příze za použití vody jako separační kapaliny. V druhém kroku zbude k další separaci směs částic polypropylenu a Hot Meltu, které již není možno tímto způsobem

separovat z důvodu téměř stejné hustoty. Bylo by velmi obtížné zvolit správnou kapalinu, která by umožnila odloučení částic.

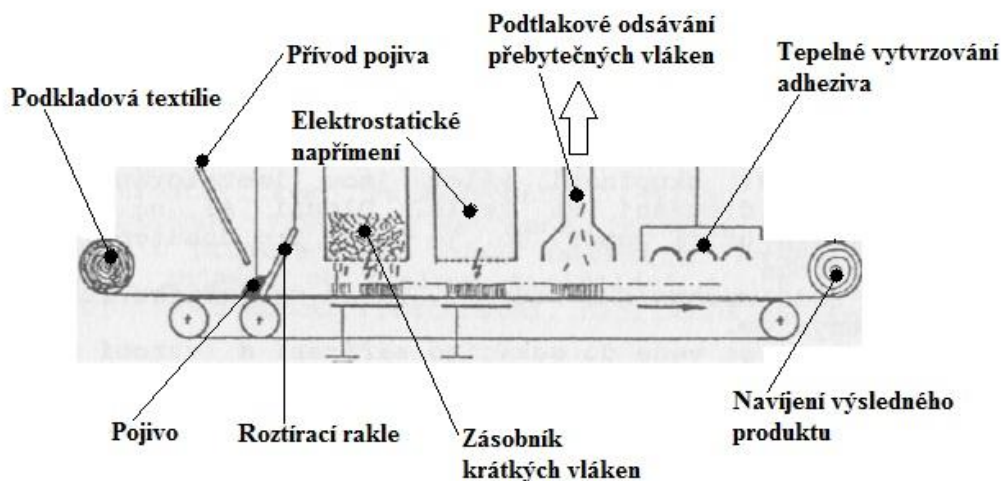
Při zvolení jiné kapaliny než je voda je zapotřebí zbavit částice zbytků zvoleného roztoku. Po procesu hustotní separace je nutné odfiltrovat částice vysoušet aby bylo umožněno jejich další zpracování.

Jednotlivé části prachu lze využívat pro různé účely. Částice Hot Meltu mohou být znovu použity jako zátěr při výrobě koupelnových předložek. Částice latexu se musejí nechat spálit nebo odvést na skládku. Částice polypropylénu je možné zpracovávat tepelnou regranulací. V případě, že bude proces drcení probíhat v krátkém čase a za předpokladu, že by zůstávali částice ve formě vláken o velikosti od 6 do 13 mm je možné tyto vlákna použít jako příměs do průmyslových podlah, asfaltových silnic, betonových vozovek, nechráněných venkovních ploch, soch, prefabrikátů atd. [43]. Při krátkém čase drcení s výslednými akrylovými vlákny s délkou přibližně od 1 - 5 mm je možné tyto vlákna využít na povrstvování textilií pomocí elektrostatického nanášení krátkých vláken na vhodný substrát.

### **Povrstvování krátkými vlákny elektrostatickým nanášením**

Princip technologie (viz obr. 32) spočívá v nanášení krátkých vláken na substrát. Tento substrát představuje nosnou textilií či jiný materiál opatřený zátěrem adheziva. Substrát je posypán nánosem textilních vláken. Tyto vlákna mají obvykle délku v rozmezí 1 – 5 mm a musí být dobře elektrostaticky vodivá, čehož se dá dosáhnout vhodnou úpravou vodivou preparací. Nános vláken je vystaven působení protielektrod, díky kterému se krátká vlákna napřímí nejčastěji kolmo k substrátu. Nanesené adhezivum musí být dostatečně viskózní, aby zajistilo dostatečnou fixaci a stabilizaci napřimených vláken. Jako adheziva se například používají zahuštěné disperze polymerů nebo jejich roztoky. Nakonec prochází substrát tepelnou komorou, kde dochází k vytvrzení pojiva. Tato technologie se využívá k úpravě textilních i netextilních substrátů nebo k výrobě samostatných vrstev. Výsledné produkty jsou určeny především jako dekorativní předměty, které se vyznačují zvláštním omakem [19].



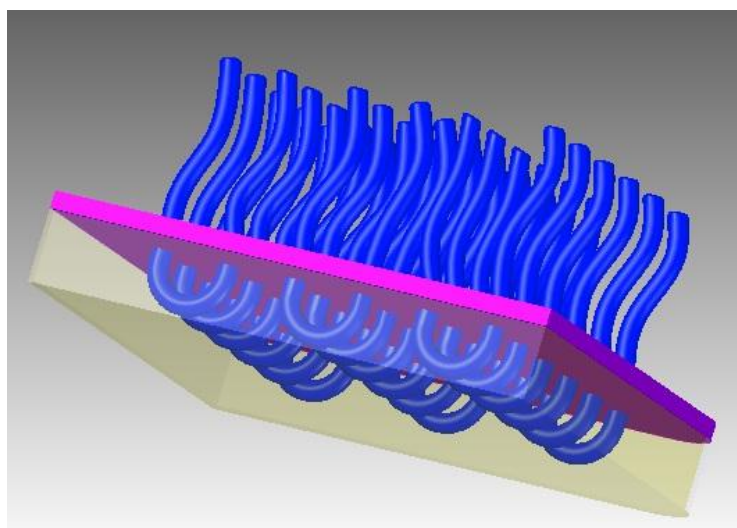


Obr. 32 - Schéma nanášení krátkých vláken v elektrostatickém poli [19]

- VYTŘÍDĚNÍ JEDNOTLIVÝCH KOMPONENT

Pro rozdělení a další využití odpadů z koupelnových předložek je důležité odstranění spodního nánosu zátěru, viz obr. 33 (v tomto případě Latex nebo Hot Melt lepidla). Odstraněním zátěru dojde k odhalení všitých rubových akrylových přízí. Takto odhalené rubové příze lze poté vyčesat a získat tím čistý vlas předložky.

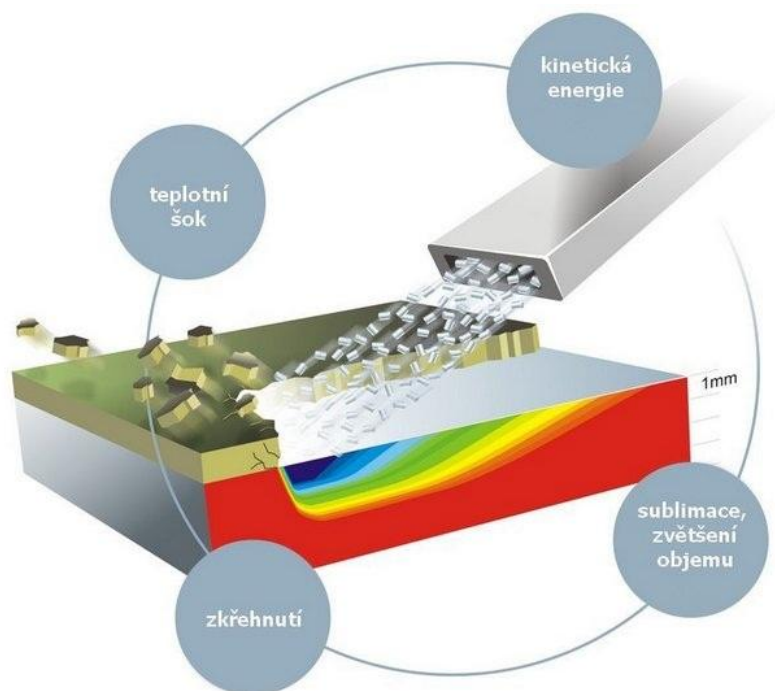
Odstranění zátěru je možné například za použití pelet nebo sněhu ze suchého ledu. Další možností odstranění zátěrové vrstvy je použití technologie broušení [28].



Obr. 33 - Schéma koupelnové předložky

## 1) Tryskání pelet suchého ledu

Toto odstranění rubového nánosu zátěru může být dosaženo pomocí pelet ze suchého ledu (viz obr. 34). Tato metoda využívá v podstatě disipace energie (rozptýlení) při nárazu a rychlé zchlazení povrchu peletami suchého ledu [23, 24, 25, 28].



Obr. 34 - Schematický princip tryskání na povrch peletami [22]

Suchý led je v podstatě čistý oxid uhličitý  $\text{CO}_2$  v pevném skupenství. Pelety se vyrábějí ve formě malých válečků o průměru 3 mm a délce přibližně 8 mm (rozměry se liší dle dodavatele např. průměry 3, 10 a 16 mm), viz obr. 35. Tyto pelety jsou vstřelovány na čištění povrchu za pomoci určitého tlakového zařízení (pomocí například kompresorů) stlačeným vzduchem obvykle rychlostí  $6 - 8 \text{ m}^3 / \text{min}$  [23, 24, 25, 26, 28].





Obr. 35 - Pelety suchého ledu [23]

Pelety suchého ledu zmrazí ostřelovaný povrch na teplotu cca  $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$  (viz Tab. 7). Teplota vzduchu v proudu pelet se většinou pohybuje okolo  $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , což ještě více podporuje přenos chladu na povrch a křehnutí odstraňovaného materiálu. Při této teplotě pelet velmi efektivně křehne zátěr (dochází k teplotnímu šoku). Zkřehlý zátěr je následně odlupován rázovou silou nalétávajících pelet. Odletující pelety vysublímují z pevného skupenství na plynné do atmosféry. Toto je velká výhoda z hlediska životního prostředí, protože nevzniká žádný vedlejší těžko zpracovatelný odpad, pouze odloupané zbytky zátěru. Využívání pelet ze suchého ledu nevyžaduje žádné následné vysoušení čištěného povrchu, jelikož pelety jsou opravdu suché a nijak nesmácejí čištěný povrch, čím je omezena spotřeba energií a zamezí se tak i potencionálnímu chemickému znečištění [23, 24, 25, 26, 28].

Tab. 7 -Základní vlastnosti suchého ledu [26]

Teplota	$-78,8\text{ }^{\circ}\text{C}$
Sublimační teplo	$640\text{ kJ / kg (z } -78\text{ }^{\circ}\text{C na } 0\text{ }^{\circ}\text{C)}$
Hustota	$1200 - 1600\text{ kg / m}^3$
Bez zápachu	-
Nejedovatý	-
Nedýchatelný	-
Sublimuje v plynný $\text{CO}_2$	$1\text{ kg Suchého Ledu} = 541\text{ litrů CO}_2$

Tryskání peletami je neabrazivní technologie, což znamená, že nedochází k žádnému poškození čištěného povrchu. K poškození nedochází ani při čištění hladkých povrchů. Tryskání suchým ledem je také velmi efektivní při odstraňování různých nečistot [23, 24, 25, 26].

Zařízení pro tryskání jsou mobilní a obsahují většinou jen jednotku pro chlazený box s peletami, zařízení pro mísení pletek a zařízení pro jednoduchou regulaci intenzity tryskacích výkonů (viz obr. 36). Součástí zařízení je tryska, která má výměnné hubice různých tvarů. Je nutné mít samostatný přívod dostatečně stlačeného vzduchu. Dodávaný vzduch musí být suchý bez vlhkosti a bez obsahu různých olejových částic [23, 24, 25, 26, 28].



Obr. 36 - Zařízení pro tryskání pelet [23]

K tomuto zařízení je nutno mít různé „výrobníky“ (hydraulický peletizér) pelet, které lze nastavit na různé délky výstupních pelet, viz obr. 37 (2, 10 nebo 16 mm). Po případě je možno pelety odkupovat od různých dodavatelů. Výstupní pelety mají průměr 3 mm (průměr je závislý na protlačovací matici stroje např. 3, 10 a 16 mm, viz obr. 38). Hotové pelety je nutné skladovat v uzpůsobených termoboxech o různých objemech [27].



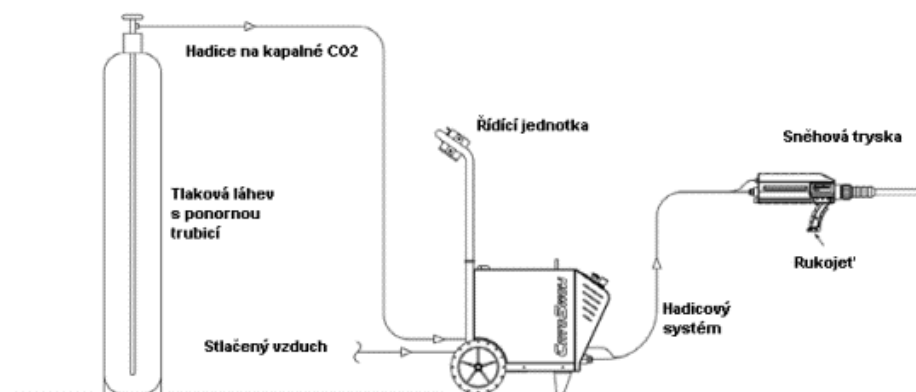
Obr. 37 - Hydraulický peletizér s termoboxem [27]



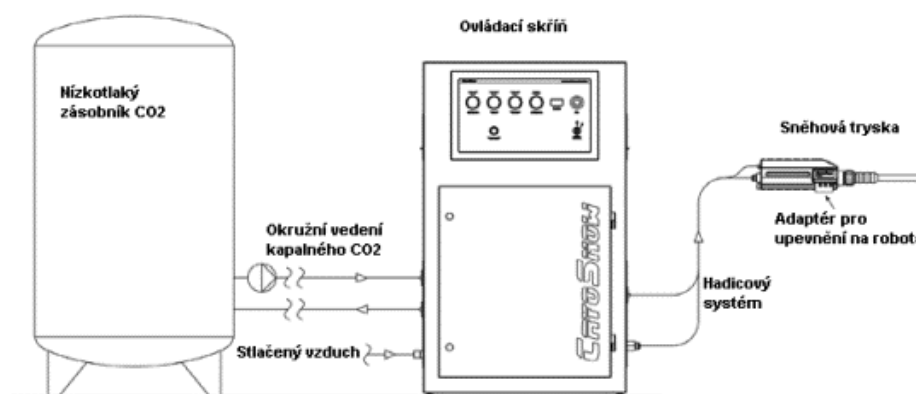
Obr. 38 - Protlačovací matrice pro výrobu pelet [27]

## 2) Tryskání sněhu ze suchého ledu

Tato technologie je v podstatě identická s technologií čištění pomocí pelet suchého ledu. Tryskacím médiem je v tomto případě sníh  $\text{CO}_2$ . Systém vytváří z kapalného oxidu uhličitýho sníh o teplotě  $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$  sám přímo z tlakových nádob s kapalným oxidem uhličitým (v podstatě jsou dva základní druhy zařízení, viz obr. 39 a obr. 40). Tento sníh oxidu uhličitýho je pod velkým tlakem tryskou přístroje vháněn na povrch, ze kterého je odstraňován zátěr. Sníh po dopadu na čištěný povrch prakticky okamžitě sublimuje. Opět je nutné mít zařízení pro vytváření stlačeného vzduchu (šroubový kompresor či různé rozvody stlačeného vzduchu) [27].

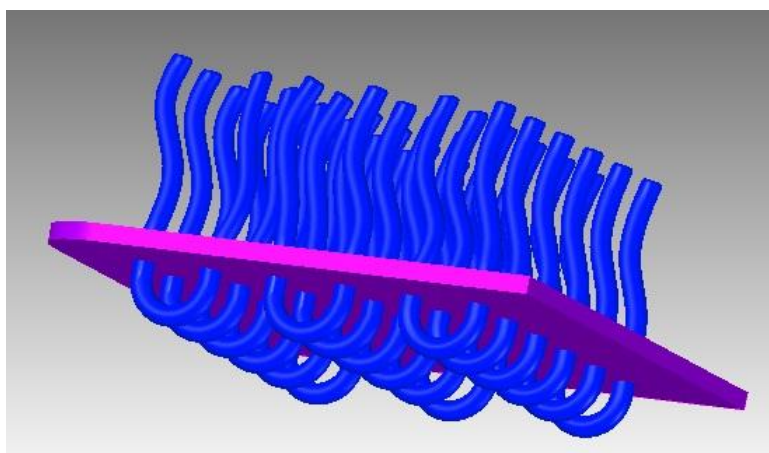


Obr. 39 - Manuální zařízení [27]



Obr. 40 - Automatizované zařízení [27]

Takto odhalené vříté příze na rubové straně (viz obr. 41) je možno dále mechanicky vyčesávat. Výnosnost čistých surových vláken se pohybuje v rozmezí 93 – 95% dle pokusu z čerpané literatury [28].

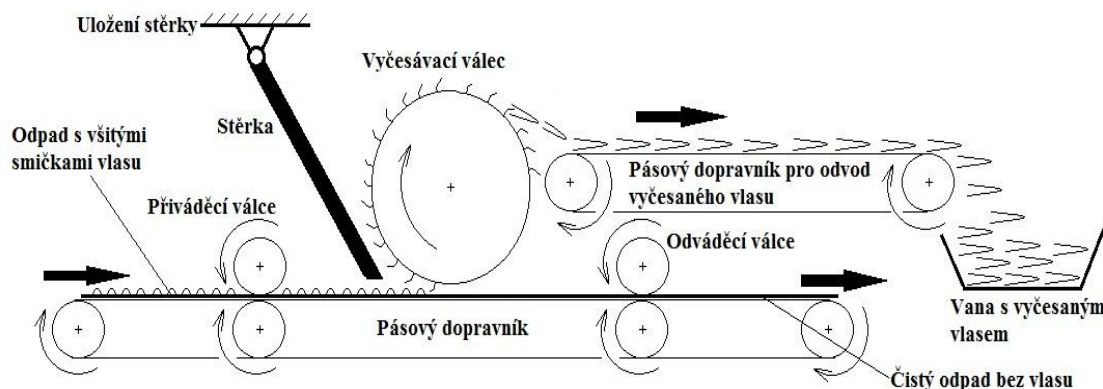


Obr. 41 - Schéma koupelnové předložky po odstranění zátěru

### 3) Broušení zátěrové vrstvy

Jako další možnost pro budoucí zpracování je možné vrstvu zátěru obrousit. Tímto způsobem je možné získat až 95% čistého podkladového materiálu. Zbýlých 5% je tvořeno zbytky lepidla, které již není možno odstranit broušením. Toto je možné provádět jednoduše pomocí válce potaženého smirkovým papírem [28].

Těmito způsoby lze odstranit vrstvu zátěru z povrchu podkladové textilie. Dále je třeba odstranit vlas koupelnové předložky. Toto odstranění je možné provádět dvěma způsoby a to buď ručně, nebo strojově. Pro vyčesání strojovým způsobem je třeba stroj na vyčesávání nejprve navrhnout. Přístroj je možné navrhnout jako obdoba česacího stroje (viz obr. 42) s tím, že by bylo nutné vyřešit fixaci odpadu na přiváděcí pás z důvodu namotání odpadu na vyčesávací válec.



Obr. 42 - Teoretický návrh vyčesávacího stroje

Tímto docílíme oddělení jednotlivých komponent z koupelnové předložky. Jednotlivé složky jsou samostatné příze, podkladová textilie, která obsahuje plošné defekty (díry po vpichování) a odloupané zbytky zátěru. V případě získání takto oddělených komponent se zvyšuje možnost různého uplatnění na rozdíl od kompletního odpadu se všemi složkami. Oddělený odpad má dále i ekonomické hledisko z důvodu toho, že různé firmy odkoupí spíše jednotlivé komponenty nežli kompletní odpad vcelku.

#### 9.4. Alternativní řešení pro využití všech odpadů firmy

Všechny druhy odpadů firmy je možné zpracovávat spalováním. Jako další alternativa může být zvolena možnost prodeje jednotlivých částí odpadů firmám zabývajícím se zpracováním odpadu.

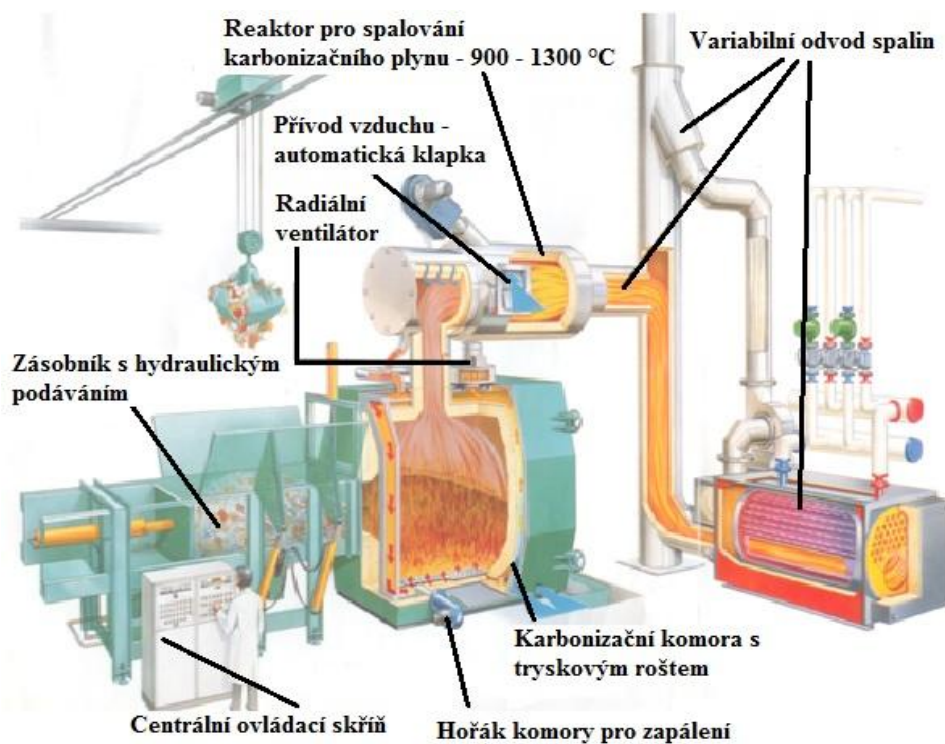
##### Spalování odpadů

Spalování odpadů je velice účinná metoda, která se z ekologického pohledu volí jako poslední východisko. Spalování textilních odpadů je velmi efektivní z hlediska získávání energie. Získaná energie se dá využít jako tepelná výhřevnost [36]. Výhřevnost vybraných materiálů pro srovnání, viz Tab. 8.

Tab. 8 - Energetická výhřevnost vybraných materiálů [36, 37]

<b>Materiál</b>	<b>Specifické teplo [kJ / kg]</b>
Polypropylen	47 000
Polyakrylonitril	28 000
Textilní podlahoviny	33 000
Běžný textilní odpad	14 500
Uhlí černé	24 000
Uhlí hnědé	13 000
Dřevo	20 000

Spalování textilních odpadů je možné i ve směsi s jinými netextilními odpady ve formě briket. Při spalování tohoto odpadu vznikají různé toxické látky zejména při spalování syntetických vláken a různých druhů adheziv. Spalování se provádí pouze na speciálních zařízeních, kde je nutné řídit se předepsanými ustanoveními [36]. Firma Grund by mohla tuto technologii využít ve svůj prospěch pořízením speciálních zařízení (viz obr 43), které by umožňovaly vyhřívání zvolených prostor firmy.



Obr. 43 - Spalování textilního odpadu [36]

Odpad vyprodukovaný firmou je nejprve nutné upravit na požadovanou formu. Tohoto je možné docílit různým způsobem drcení nebo sekání odpadu. Tímto způsobem lze připravit odpad a dále spalovat veškerý vyprodukovaný odpad včetně textilního prachu, který je produkovaný firmou, ale není zahrnut v této práci.

## 10. OVĚŘENÍ VYBRANÝCH DRUHŮ NÁVRHŮ

Cílem této části experimentu je ověření základních vybraných principů návrhů využití odpadů firmy Grund a.s.

### 10.1. Identifikace materiálu podkladové textilie

Pro ověření materiálového složení podkladového materiálu značky Netex bylo zvoleno měření na přístroji Bodotávek SMP 20. Tento přístroj slouží k jednoduchému a rychlému určení teploty tání materiálu.

#### Postup měření

Bylo nutné postupovat dle návodu uvedeného na přístroji pro správné nastavení. Přístroj SMP 20 umožňuje nastavení rychlosti stoupání teploty v rozmezí 1- 10 °C za minutu. Byla zvolena rychlost ohřevu bloku na 1 °C za minutu. Při nastavení malého stoupání teplot je měření nejpřesnější. Malé množství měřeného vzorku bylo nutné napěchovat do úzké skleněné kapiláry. Takto připravená kapilára byla vsunuta do vyhřívaného bloku přístroje. Pomocí lupy se vzorky umístily do bloku tak aby se zajistila jejich nejlepší viditelnost. Po stisknutí tlačítka start/stop se vyhřívaná deska zahřeje na požadovanou teplotu. Přes lupu se vzorek s kapilárou sleduje, dokud se vzorek zcela neroztaví. Teplota tání je zaznamenána na display.



Obr. 44 - Kapiláry s polypropylenem



Pro větší přesnost byla zjišťována teplota tání u deseti vzorků, viz obr. 44. Naměřené hodnoty jsou uvedeny ve °C v tabulce 9.

Tab. 9 - Naměřené teploty tání

Teplota tání (°C)									
170	167	170,2	167,8	167,8	162	162	167	167,7	167,8

Z naměřených hodnot byly vypočítány základní statistické charakteristiky, které jsou uvedeny v tabulce 10. Vypočítaný průměr 166,93 °C který leží v intervalu 165 – 170 °C jak je uvedeno v kapitole 5.1.1, indikuje, že měřený materiál podkladové netkané textilie je polypropylen.

Tab. 10 - Statistika z naměřených hodnot teploty tání

	Hodnota
<b>Průměrná teplota</b>	166,93 [°C]
<b>Rozptyl</b>	7,96 [°C <sup>2</sup> ]
<b>Směrodatná odchylka</b>	2,82 [°C]
<b>Variační koeficient</b>	1,69 [%]
<b>95% interval spolehlivosti</b>	<164,95 - 168,91> [°C]

## 10.2. Výroba netkané textilie

Pro výrobu netkané textilie byly použity odpadové akrylové příze s různou délkou a barevností. Akrylové příze byly nastříhány na délku přibližně 10 cm, aby nedošlo k zachycení dlouhých přízí v mykacím stroji.

### 10.2.1. Výroba nového typu předložky

Výroba netkané textilie pro nový typ předložky probíhala v poloprovozu katedry netkaných textilií. Připravené vzorky akrylových přízí bylo nutné nejprve rozvláknit. Rozvláknění probíhalo na válcovém mykacím stroji, viz kapitola 6.2. Vstupní materiál se rozložil na dopravník mykacího stroje vždy v množství 100g na velikost plochy 50 x 50 cm. Výstupní suroviny byla ve formě vláknenné pavučiny o rozměrech přibližně 100 x 60 cm. Tato vláknenná pavučina obsahovala stále ještě velké množství zbytkových nerozvlákněných přízí jak je vidět na obrázku 45.



Obr. 45 - Vlákněná pavučina po prvním rozvlákňování

Proces rozvlákňování byl znovu proveden u vlákněné pavučiny, z důvodu zbytků nerozvlákňovaných přízí ve vlákněné pavučině. Tento materiál po prvním rozvlákňování posloužil jako předloha pro druhé rozvlákňování, viz obr. 46. Materiál po druhém procesu mykání byl výrazně rovnoměrnější a obsahoval méně nerozvlákňovaných přízí, viz obr. 47. Tímto způsobem byly připraveny čtyři vzorky vlákněných roun.

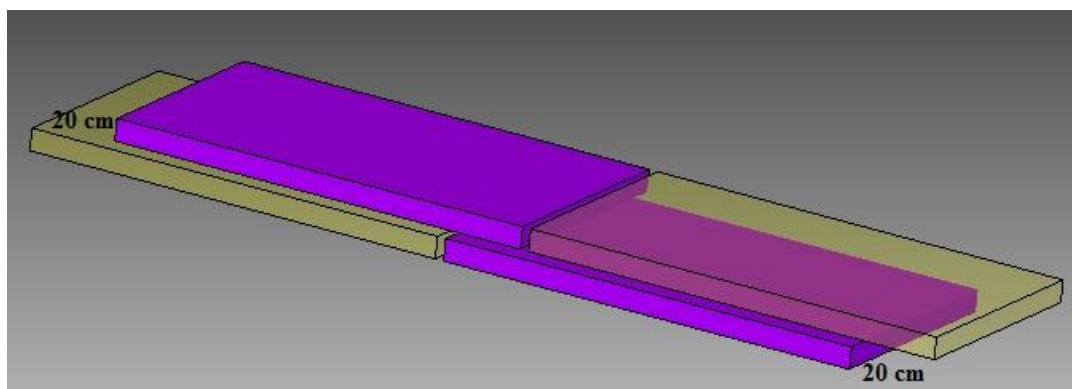


Obr. 46 - Vstupní materiál pro druhé rozvlákňování



Obr. 47 - Vlákenná vrstva po druhém rozvlákňování

Vlákenná rouna byla rozložena dvě vedle sebe a zbylé dvě tvořily druhou vrstvu, která byla posunuta o překlad 20 cm, viz obr 48.



Obr. 48 - Schéma překladu vlákenných roun

Ve druhé fázi výroby netkané textilie se provádělo zpevňování vlákenných vrstev technologií vpichování. Proces vpichování probíhal ve třech krocích. V prvním kroku byla zpevněna základní vlákenná vrstva hloubkou vpichu 5 mm (viz obr. 49). Po této operaci byla vlákenná vrstva velmi jemná, ale její tloušťka nebyla dostačující pro zhotovení nového typu předložky. Požadovaná tloušťka pro zhotovení nového typu předložky byla 1 cm. Abychom docílili požadované tloušťky, byla v druhém kroku zpevněná vlákenná vrstva přeložena podélně na půl (viz obr. 50) a znovu zpevněna

hloubkou vpichu 5 mm. Ve třetím a posledním kroku byla vlákenná vrstva přeložena příčně na půl a znovu zpevněna vpichováním o hloubce vpichu 5 mm.



Obr. 49 - První krok zpevňování



Obr. 50 - Druhý krok - přeložení vlákenné vrstvy podélně

Vytvořené vlákenné rouno bylo nastříháno na požadovaný obdélníkový tvar (240 x 530 mm). Tloušťka výstupního materiálu byla 1cm a plošná hmotnost 796,5 g / m<sup>2</sup>.

Tab. 11 - Parametry vpichování

a - celkový počet jehel na 1 m vpichovací desky	2 000 jehel
f - frekvence pohybu jehelní desky	250 / min
p - počet průchodů textilie strojem	3
v - rychlost průchodu (odvádění) textilie	0,4 m/min

Počet vpichů na jednotku plochy textilie [19]:

$$V_p = \frac{a \cdot f \cdot p}{v} = [1 \cdot \text{cm}^{-2}] \quad (1)$$

Z použitých parametrů vpichování (viz Tab. 11) byl vypočítán celkový počet vpichů  $V_p$  [ $1 / \text{cm}^2$ ] dle vztahu (1). Výsledný počet vpichů byl  $375 \text{ cm}^{-2}$ .

Pro zpevnění byla hotová netkaná textilie zátěrována přímo ve firmě Grund, viz obr. 51 a 52. Jako zátěr byl použit Latex který byl nanesen ručně. Plošná hmotnost zátěrovaného vzorku byla  $1507,32 \text{ g} / \text{m}^2$ . Tloušťka se zvýšila zátěrem o 1 mm (1 cm tloušťka bez zátěru).



Obr. 51 - Netkaná textilie se zátěrem Latex





Obr. 52 – Detail povrchové struktury latexového zátěru

Takto vytvořená netkaná textilie se zátěrem má mnohostranné využití. Lze je využívat například jako předložku před postel díky svým hřejivým vlastnostem a bytový koberec. Jako další využití je možné využívat materiál jako podložku pro domácí zvířata.

#### 10.2.2. Výroba vhodného typu netkané textilie

Pro jiný typ netkané textilie byly připravené vzorky akrylových přízí. Tyto vzorky bylo nutné opět nejprve rozvláknit. Rozvlákňování probíhalo na válcovém mykacím stroji stejně jako v předchozím případě. Vstupní materiál se vkládal na dopravník mykacího stroje v množství 100g na velikost plochy 50 x 50 cm. Výstupní suroviny byla ve formě vlákněné pavučiny o rozměrech přibližně 100 x 60 cm. Vlákněná pavučina opět obsahovala stále ještě velké množství zbytkových nerozvlákněných přízí a byla také rozvlákňována dvakrát. Takto byly vyrobeny vzorky rouna, které se vyrovnaly podélně vedle sebe (viz obr. 53).



Obr. 53 - Připravený materiál na vpichování

Zpevňování vytvořeného vlákenného rouna v tomto případě probíhalo pouze ve dvou krocích. V prvním kroku bylo vlákenné rouno zpevňováno vpichováním o hloubce vpichu 5 mm. V druhém kroku se pouze změnila hloubka vpichu z 5 mm na 7 mm. Výsledná vlákenná vrstva (viz obr. 54) byla velmi jemná a hřejivá.



Obr. 54 - Vlákenná vrstva druhé netkané textilie

Na základě použitých parametrů vpichování (viz Tab. 12) byl vypočítán celkový počet vpichů  $V_p$  [ $1 / \text{cm}^2$ ] dle vztahu (1). Výsledná hodnota počtu vpichů pro tuto netkanou textilií byla  $250 \text{ cm}^{-2}$  a hodnota se lišila oproti předchozí netkané textilii z důvodu menšího počtu průchodu textilie vpichovacím zařízením.

Tab. 12 - Parametry vpichování u druhé netkané textilie

a - celkový počet jehel na 1 m vpichovací desky	2000 jehel
f - frekvence pohybu jehelní desky	250 / min
p - počet průchodů textilie strojem	2
v - rychlost průchodu (odvádění) textilie	0,4 m / min

Vytvořená vlákenná vrstva byla nastříhána na požadovaný tvar formátu A4 (210 x 297 mm), viz obr. 55. Tloušťka výstupního materiálu byla 0,5 cm a plošná hmotnost je  $336,12 \text{ g} / \text{m}^2$ .



Obr. 55 - Výsledná netkaná textilie

Za pomoci stroje Rotis byly na netkané textilií provedeny různé úpravy. První úprava byla přidání armovací mřížky, a druhá úprava byla vertikální naskládání dalšího vzorku netkané textilie. Při třetí úpravě byla k vertikálně naskládané netkané textilie přidána armovací mřížka. Jako poslední úprava byla zvolena vícevrstvá úprava, kde k základní naskládané textilií byla přidána polyesterová netkaná textilie.

První úprava byla provedena za účelem zpevnění vzorku a k zajištění jeho rozměrové stability. Toto bylo realizováno přidáním armovací mřížky, která byla fixována prostřednictvím kvazi přízí na přidavném zařízení ke stroji Rotis I. Armovací mřížka měla plošnou hmotnost cca  $10 \text{ g} / \text{m}^2$ . Výsledný vzorek (viz obr. 56) měl celkovou plošnou hmotnost po přidání armovací mřížky cca  $346,12 \text{ g} / \text{m}^2$ . Tloušťka výstupního materiálu byla 0,5 cm.



Obr. 56 - Vzorek zpevněný armovací mřížkou



Druhá úprava bylo vertikální naskládání vzorku netkané textilie, viz obr. 57 na stroji Rotis II. Plošná hmotnost získaného vzorku byla cca 362,13 g / m<sup>2</sup>. Tloušťka materiálu byla cca 0,6 cm. Jako další úprava byla k takto vertikálně naskládané textilii přidána armovací mřížka. Po této úpravě se změnila plošná hmotnost na cca 372,13 g / m<sup>2</sup>.



Obr. 57 - Vertikálně naskládaná netkaná textilie

Jako poslední úprava byla zvolena vícevrstvá úprava. K základní naskládané textilii byl přidán další materiál v podobě polyesterové netkané textilie, viz obr. 58 na stroji Rotis III. Tento vzorek měl tloušťku 2 cm a plošnou hmotnost cca 2 285,7 g / m<sup>2</sup>. Struktura obou povrchu materiálů jsou propojeny (zafixovány) pouze povrchově.

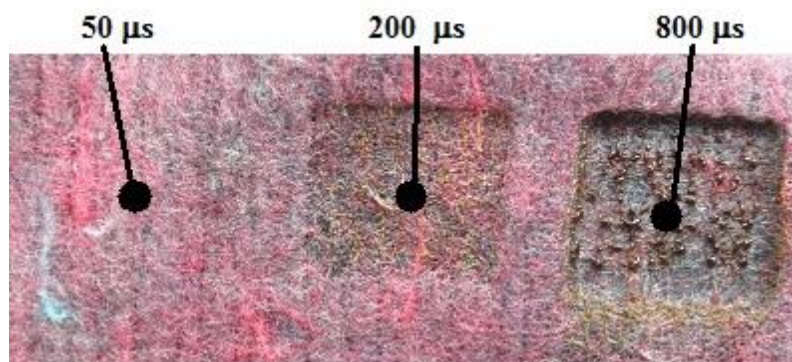


Obr. 58 - Vícevrstvá textilie

### 10.2.3. Vzorování netkané textilie

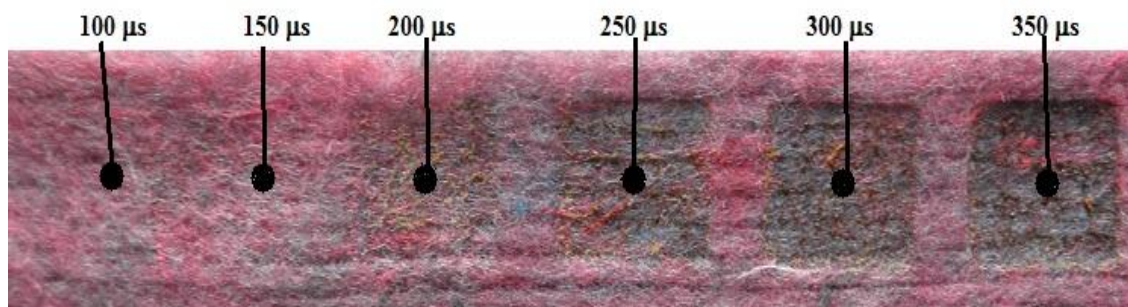
Vzorování netkané textilie probíhalo na vytvořeném novém typu předložky, viz kapitola 10.2.1. Vzory byly vytvářeny vypalováním za použití laseru, viz kapitola 6.9. Vypalované vzory byly voleny jednoduché čtverce, a byl zkoumán vzhled při různých intenzitách laserového paprsku.

Měření se skládalo ze tří pokusů. V prvním pokusu (viz obr. 59) byly nastaveny tři intenzity a to 50, 200 a 800  $\mu\text{s}$ . Při nastavené intenzitě 50  $\mu\text{s}$  nebyly viditelné žádné změny na povrchu materiálu. Při intenzitě 200  $\mu\text{s}$  byl vypalovaný vzor dobře viditelný a povrch vzoru se stal hrubší. Při poslední zkoušené intenzitě se vzor díky vysoké intenzitě 800  $\mu\text{s}$  výrazně spekl a tloušťka materiálu uvnitř vypáleného vzoru se změnila.



Obr. 59 - První pokus vypalování

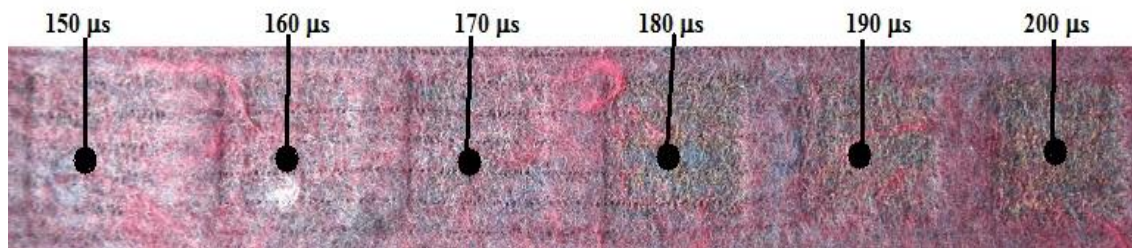
Při druhém pokusu vypalování vzorů byly zvoleny intenzity v rozmezí 100 až 350  $\mu\text{s}$ . Na obrázku 60 je vidět že při intenzitě 100  $\mu\text{s}$  neproběhla žádná změna a vzor není okem viditelný. Teprve při zvolené intenzitě 200  $\mu\text{s}$  byl vzor viditelný a pro vypálení vzoru přijatelný.



Obr. 60 - Druhý pokus vypalování



V posledním pokusu byly vybrány intenzity v rozsahu 150 až 200  $\mu\text{s}$ . Tato stupnice byla zvolena pro detailnější zobrazení prvních pozorovatelných změn vypalovaného vzoru, viz obr. 61. Jako nejlepší dosažený vzor byl vybrán ten, u kterého byla zvolena intenzita 170  $\mu\text{s}$ , viz obr. 62. U tohoto vzoru byl přijatelný povrch z hlediska hrubosti a změny tloušťky materiálu ve vypáleném vzoru.



Obr. 61 - Třetí pokus vypalování



Obr. 62 - Detail zvolené intenzity 170  $\mu\text{s}$  laseru

Při aplikaci laseru na povrch netkané textilie z akrylových vláken dochází k lepší fixaci povrchových vláken. Zároveň se také ovlivňuje drsnost povrchu materiálu a dochází k regulaci tloušťky materiálu uvnitř vypalovaného vzoru. Takto upravená netkaná textilie může být použita například jako bytová rohož.

### 10.3. Kryogenní drcení

Princip této technologie spočívá ve zchlazení materiálu na extrémně nízkou teplotu a následném drcení. Při experimentu byl použit přístroj Cryomill viz kapitola 6.5. Tento přístroj používá jako chladicí medium tekutý dusík, který ochladí materiál na teplotu  $-196^{\circ}\text{C}$ , při této teplotě se materiál stává velmi křehkým. Během procesu drcení je tekutý dusík nepřetržitě dodáván v přesném množství pro udržení konstantní teploty v mlecí nádobě  $-196^{\circ}\text{C}$ .

#### **Příprava vzorku pro drcení:**

- Vzorek A tvořila podkladová textilie se všitými akrylovými přízemi ve formě odřezků různé velikosti. Všité příze byly fialové barvy.
- Vzorek B tvořila podkladová textilie se všitými akrylovými přízemi opatřená zátěrem Latex na rubové straně. Vzorky byly ve formě odřezků různé velikosti. Všité příze byly modré barvy.
- Vzorek C tvořila podkladová textilie se všitými akrylovými přízemi opatřená zátěrem Hot Melt na rubové straně. Všité příze byly hnědé barvy.

Jednotlivé odřezky vzorků byly nastříhány na jemné kousky o velikosti přibližně  $5 \times 5 \text{ mm}$  (viz obr. 63) z důvodu většího naplnění mlecí nádoby. Velikost vzorku ovlivňuje výsledek drcení, čím jsou vzorky menší tím je drcení kvalitnější.



**Vstupní materiál vzorek A**



**Vstupní materiál vzorek B**



**Vstupní materiál vzorek C**

Obr. 63 - Vstupní materiál pro drcení na kryogenním mlýnku

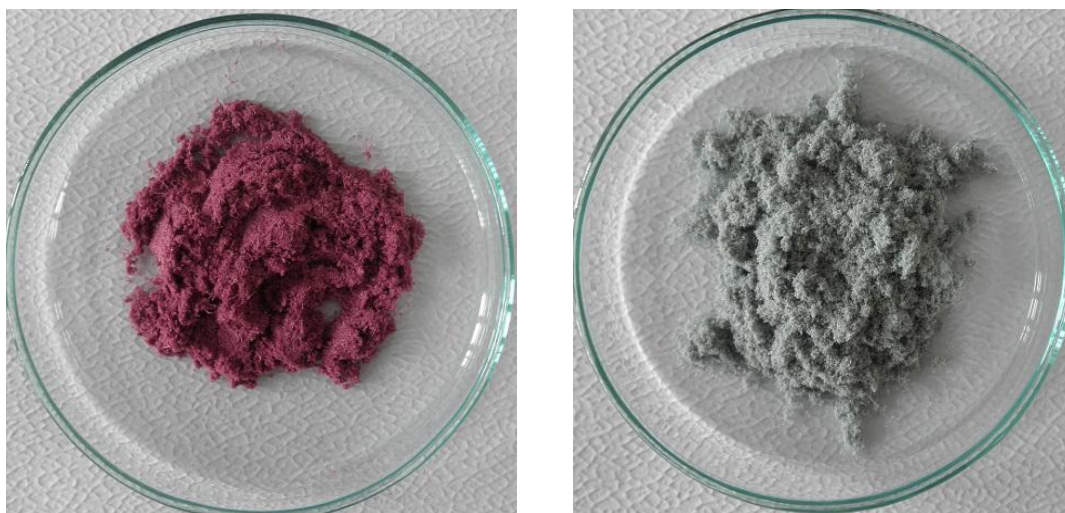
Mlecí nádoba o objemu 50 ml byla naplněná do jedné třetiny (cca 2g – záleží na napěchování materiálu do nádoby) materiálem a zbylý prostor tvořila kulička a volný prostor, který umožňoval její pohyb. Mlecí nádoba vykonává oscilační pohyb, který udílí kuličce vysokou energii. Materiál je drcen především rázy ale i třením.

Z důvodu toho, že se nejedná o zcela standardní materiál pro tento přístroj, byly zvoleny časové intervaly drcení od 80 do 300 sekund, viz Tab. 13- Drtící cykly se skládali z doby předchlazení 10 minut, doby drcení, doby chlazení mezi jednotlivými cykly bylo 10 sekund a stanovená frekvence byla 25 Hz. Zvolené časové cykly dále sloužili jako srovnávací měřítko kvality drcení.

Tab. 13 - Časové intervaly drcení na kryogenním mlýnku

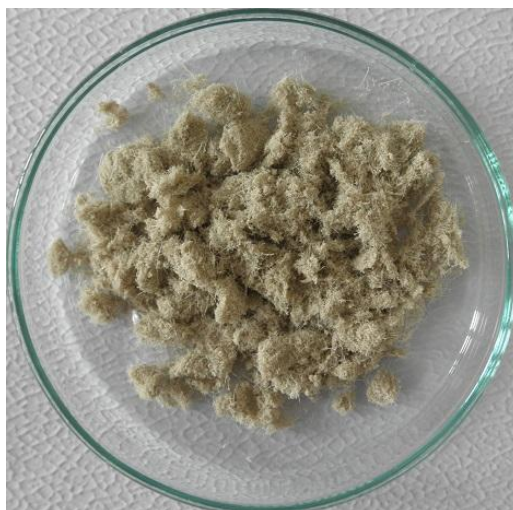
	Doba drcení (sec.)				
	1. mletí	2. mletí	3. mletí	4. mletí	5. mletí
<b>VZOREK A</b>	80	150	200	250	300
<b>VZOREK B</b>	80	150	200	250	300
<b>VZOREK C</b>	80	150	200	250	300

Drcení materiálu při nejdelší době drcení 300 sekund byl prach nejjemnější, viz obr. 64. U vzorku A a B bylo drcení velmi efektivní a výsledný prach u obou vzorků obsahoval velký podíl jemného prachu s obsahem dlouhých vláken a bez viditelných velkých zbytků špatně nadrcené podkladové textilie jako u předešlých časů drcení. U vzorku C byl nadrcený odpad i po době drcení 300 sekund hrubý, viz obr. 65. Výsledný prach obsahoval velký podíl shluků, což mohlo být způsobeno lepidlem Hot Melt, který tento vzorek obsahoval. Toto by mohlo být vysvětleno už samotným omakem zátěru na vzorku koupelnové předložky před drcením. Tento omak byl lepidivý. Po drcení a následném zotavení částic Hot Meltu po teplotním šoku mohlo dojít k nalepování rozdrcených částic na sebe. U vzorků A a B podobný problém nenastal, jelikož toto lepidlo neobsahovali. U vzorku C by bylo nutné volit jiný způsob drcení například pomocí nožových mlýnů.



Obr. 64 – Vzorek A a B - drcený odpad při době drcení 300 sekund





Obr. 65 - Vzorek C - drcený odpad při době drcení 300 sekund

Drcení bylo provedeno z důvodu zjištění, zdali tato metoda je pro tento typ odpadu vhodná. Tato technologie není stále v textilním průmyslu plně využívána. Bylo zjištěno, že pomocí kryogenního drcení lze tento odpad zpracovat na různé velikosti částic. Drcený odpad by dále bylo možné třídit pomocí vhodně zvolené separace.

#### **10.4. Měření velikosti částic**

Měření velikosti částic bylo provedeno na vzorcích získaných z kryogenního drcení. Zjištění velikosti částic probíhalo z důvodu následného třídění jednotlivých komponent. Jedná se o rozdrcený odpad z koupelnových předložek v různých časech drcení.

##### **10.4.1. Měření velikosti částic na přístroji Zetasizer Nano ZS.**

Jednotlivé vzorky byly pomocí pipety nabrány do kádinky, která se zalila roztokem destilované vody. Následně byl vzorek promíchán a pomocí stříkačky aplikován do kyvety v předepsaném množství 1,5 ml, viz obr. 66. Polystyrenové kyvety jsou jednorázové, tím zabraňují znečištění z předchozího měření. Z důvodu znečištění kyvety a následného zkreslení výsledků je nutné zacházet s kyvetou opatrně a neznečistit její dolní polovinu. Kyvety držíme pouze v horní polovině, aby nedocházelo k zanechání otisku, který by zkresloval výsledek měření. V poslední fázi je na kyvetu položeno termální víčko, které slouží pro větší teplotní stabilitu. Takto připravené vzorky byly umístěny do přístroje.



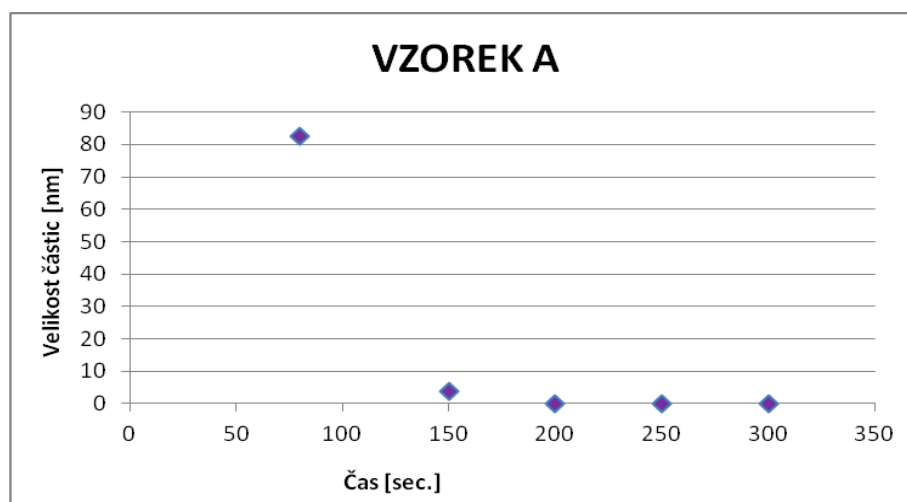
Obr. 66 - Kyveta se vzorkem

Výsledky velikosti částic byly zpracovány pomocí programu Microsoft Excel do tabulky a grafů uvedených v příloze 2. Ukázalo se, že tato metoda není pro tyto vzorky vhodná z několika důvodů:

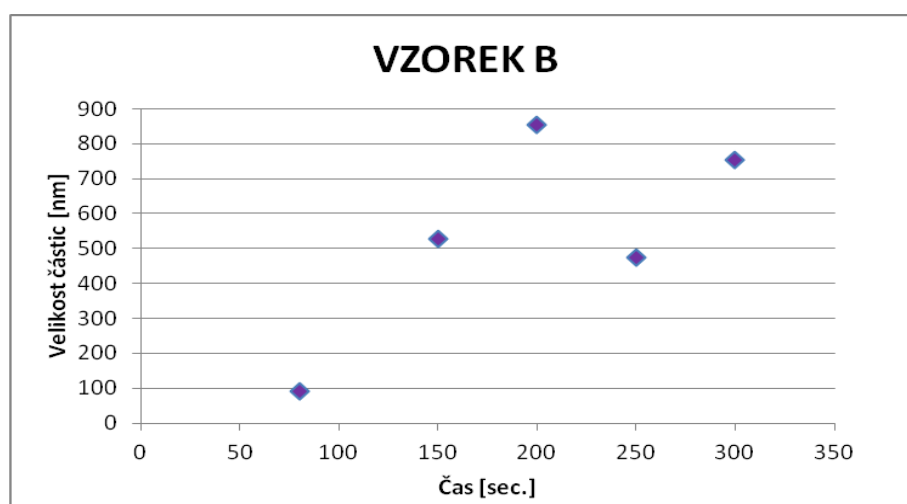
- Měřené částice jsou velmi heterogenní a to jak z pohledu velikostní distribuce, tak tvaru. Tvarem jsou blízké vláknu, převažuje u nich tedy výrazně jeden rozměr nad zbylými dvěma (ZetaSizer Nano je konstruován pro měření kulovitých částic).
- Další nepřesnosti jsou spojené s přítomností prachu a díky povaze částic, dochází také k jejich sedimentaci, což znesnadňuje měření.
- Velikost částic přesahuje měřicí rozsah přístroje 0,6nm až 6 $\mu$ m.

Z výsledků je zřejmé, že samotné částice tvořené rozdrčenými vlákny, které bylo možné identifikovat již pouhým okem, nebyly při měření na ZetaSizeru změřeny, byl změřen pouze prach přítomný ve vzorku.

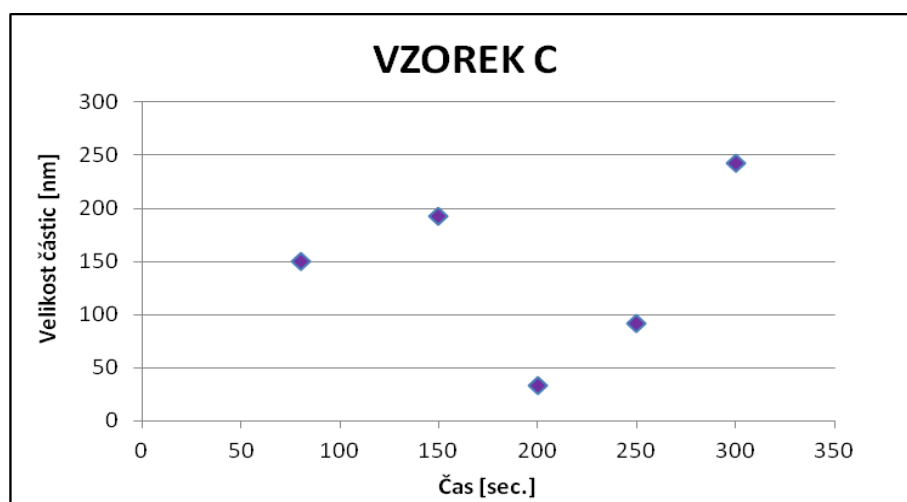




Obr. 67 – Graf závislosti průměrné velikosti částic vzorku A na čase drcení



Obr. 68 - Graf závislosti průměrné velikosti částic vzorku B na čase drcení



Obr. 69 - Graf závislosti průměrné velikosti částic vzorku C na čase drcení

Ze zjištěných velikostí nebyla potvrzena hypotéza, že velikost částic se snižuje v závislosti na době drcení. Výsledky velikosti částic na čase drcení jsou zobrazeny názorně v obr. 67, 68 a 69.

#### 10.4.2. Měření velikosti částic síťováním

Měření velikosti částic pomocí síťování bylo zvoleno jako alternativní náhrada za měření velikosti částic na přístroji Zetasizer Nano ZS.

Výstupní vzorky z kryogenního mletí bylo nejprve nutno vysušit. Vzorky se vysoušeli ve vysoušecí komoře po dobu 3 hodin při teplotě 80 °C. Vysušené vzorky o hmotnosti přibližně 1,5 g byly přesypány na předem připravená omytá a vyčištěná síta. Byla vybrána síta o velikosti oka 40, 71, 90, 125, 200 a 400 µm. Síta byla složena od nejhrubšího po nejemnější. Síťování bylo prováděno po dobu 15. minut při frekvenci 40 Hz. Po dokončení síťování byla vždy jednotlivá síta rozebrána a následně změřena hmotnost síta i s prosetým materiálem. Výsledná hmotnost prosetého materiálu byla získána jako rozdíl hmotností samostatného síta a síta s prosetým materiálem. Výsledné hmotnosti byly dále uvedeny v tabulkách 14, 15 a 16. Pro názorné zobrazení velikosti částic v závislosti na době drcení byly vypočítány procentuální podíly hmotností pro každou velikost síta. Relativní četnosti byly vypočítány dle vzorce 2 a součtové relativní četnosti byly vypočítány dle vzorce 3.

Relativní četnost [44]

$$f_j = \frac{g_j}{g} * 100 \quad [\%] \quad (2)$$

kde  $g_j$  - je hmotnost částic ve třídě

$g$  - je celková hmotnost částic

Součtová relativní četnost [44]

$$F_j = \sum_{i=1}^n f_j \quad (3)$$

Tab. 14 -Velikost částic u vzorku A

VZOREK A - Podkladová textilie + příze							
		Doba drcení 80 sec.			Doba drcení 150 sec.		
Velikost oka [ $\mu\text{m}$ ]	Rozmezí [ $\mu\text{m}$ ] min. - max.	Hmotnost [g]	Relativní četnost [%]	Součtová relativní četnost [%]	Hmotnost [g]	Relativní četnost [%]	Součtová relativní četnost [%]
40	40 – 71	0,4	30,8	30,8	0,53	43,1	43,1
71	71 – 90	0,13	10	40,8	0,12	9,8	62,9
90	90 – 125	0,12	9,2	50	0,15	12,2	65,1
125	125 - 200	0,08	6,2	56,2	0,09	7,3	72,4
200	200 - 400	0,09	6,8	63	0,05	4,1	76,5
400	> 400	0,48	37	100	0,29	23,5	100
		Doba drcení 200 sec.			Doba drcení 250 sec.		
Velikost oka [ $\mu\text{m}$ ]	Rozmezí [ $\mu\text{m}$ ] min. - max.	Hmotnost [g]	Relativní četnost [%]	Součtová relativní četnost [%]	Hmotnost [g]	Relativní četnost [%]	Součtová relativní četnost [%]
40	40 – 71	0,6	40,5	40,5	0,66	50,80	50,80
71	71 – 90	0,17	11,5	52,0	0,08	6,20	57
90	90 – 125	0,43	29,1	81,1	0,32	24,60	81,6
125	125 - 200	0,09	6,1	87,2	0,10	7,70	89,3
200	200 - 400	0,07	4,7	91,9	0,05	3,80	93,1
400	> 400	0,12	8,1	100,0	0,09	6,90	100
		Doba drcení 300 sec.					
Velikost oka [ $\mu\text{m}$ ]	Rozmezí [ $\mu\text{m}$ ] min. - max.	Hmotnost [g]	Relativní četnost [%]	Součtová relativní četnost [%]			
40	40 – 71	0,78	63,00	63,00			
71	71 – 90	0,07	5,70	68,7			
90	90 – 125	0,19	15,30	84			
125	125 - 200	0,12	9,60	93,6			
200	200 - 400	0,02	1,60	95,2			
400	> 400	0,06	4,80	100			

Tab. 15 - Velikost částic u vzorku B

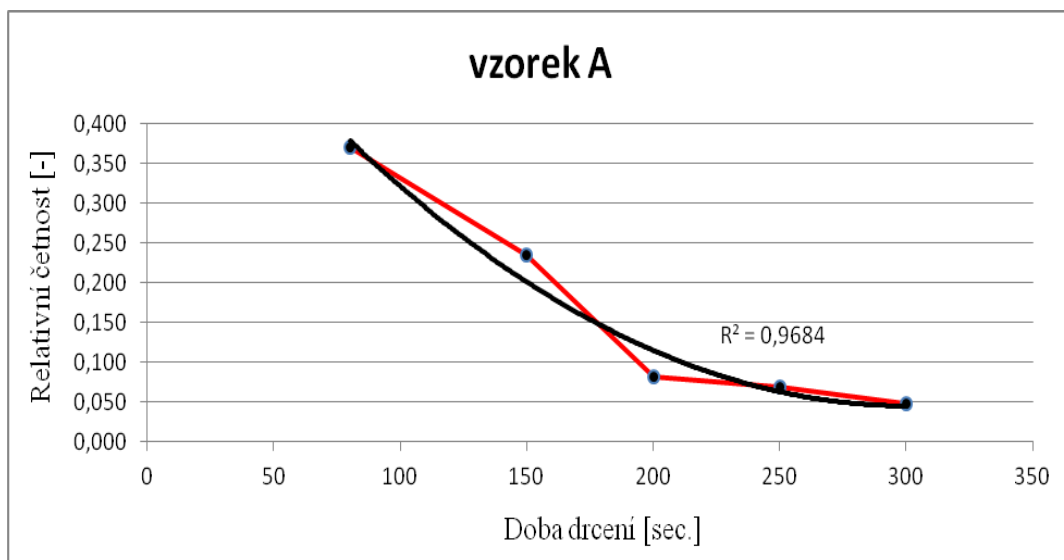
VZOREK B - Podkladová textilie + příze + latex							
		Doba drcení 80 sec.			Doba drcení 150 sec.		
Velikost oka [ $\mu\text{m}$ ]	Rozmezí [ $\mu\text{m}$ ] min. - max.	Hmotnost [g]	Relativní četnost [%]	Součtová relativní četnost [%]	Hmotnost [g]	Relativní četnost [%]	Součtová relativní četnost [%]
40	40 – 71	0,2	14,3	14,3	0,4	29,3	29,3
71	71 – 90	0,02	1,3	15,6	0,05	3,6	32,9
90	90 – 125	0,12	8,6	24,2	0,2	14,7	47,6
125	125 - 200	0,12	8,6	32,8	0,1	7,3	54,9
200	200 - 400	0,18	12,9	45,7	0,12	8,6	63,5
400	> 400	0,76	54,3	100	0,5	36,5	100
		Doba drcení 200 sec.			Doba drcení 250 sec.		
Velikost oka [ $\mu\text{m}$ ]	Rozmezí [ $\mu\text{m}$ ] min. - max.	Hmotnost [g]	Relativní četnost [%]	Součtová relativní četnost [%]	Hmotnost [g]	Relativní četnost [%]	Součtová relativní četnost [%]
40	40 – 71	0,45	31,3	31,3	0,48	32,4	32,4
71	71 – 90	0,1	6,8	38,1	0,11	7,4	39,8
90	90 – 125	0,34	23,5	61,6	0,32	21,6	61,4
125	125 - 200	0,25	17,4	79	0,41	27,8	89,2
200	200 - 400	0,19	13,4	92,4	0,12	8,1	97,3
400	> 400	0,11	7,6	100	0,04	2,7	100
		Doba drcení 300 sec.					
Velikost oka [ $\mu\text{m}$ ]	Rozmezí [ $\mu\text{m}$ ] min. - max.	Hmotnost [g]	Relativní četnost [%]	Součtová relativní četnost [%]			
40	40 – 71	0,53	36,3	36,3			
71	71 – 90	0,12	8,2	44,5			
90	90 – 125	0,43	29,5	74			
125	125 - 200	0,2	13,7	87,7			
200	200 - 400	0,11	7,5	95,2			
400	> 400	0,07	4,8	100			

Tab. 16 - Velikost částic u vorku C

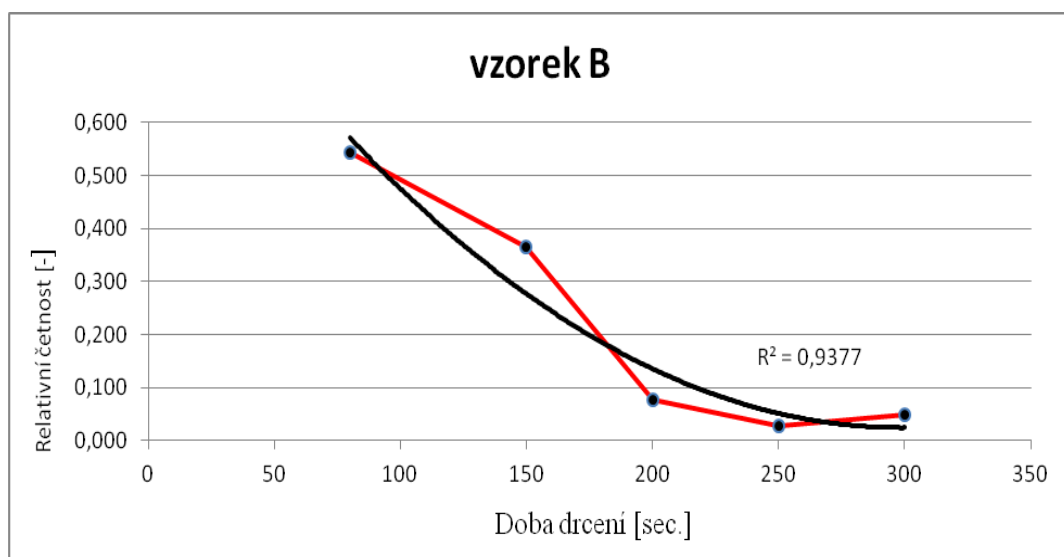
VZOREK C - Podkladová textilie + příže + Hot Melt							
		Doba drcení 80 sec.			Doba drcení 150 sec.		
Velikost oka [ $\mu\text{m}$ ]	Rozmezí [ $\mu\text{m}$ ] min. - max.	Hmotnost [g]	Relativní četnost [%]	Součtová relativní četnost [%]	Hmotnost [g]	Relativní četnost [%]	Součtová relativní četnost [%]
40	40 – 71	0,04	2,8	2,8	0,07	4,9	4,9
71	71 – 90	0,01	0,7	3,5	0,01	0,7	5,6
90	90 – 125	0,06	4,2	7,7	0,01	0,7	6,3
125	125 - 200	0,12	8,4	16,1	0,22	15,4	21,7
200	200 - 400	0,38	26,6	42,7	0,32	22,4	44,1
400	> 400	0,82	57,3	100	0,8	55,9	100
		Doba drcení 200 sec.			Doba drcení 250 sec.		
Velikost oka [ $\mu\text{m}$ ]	Rozmezí [ $\mu\text{m}$ ] min. - max.	Hmotnost [g]	Relativní četnost [%]	Součtová relativní četnost [%]	Hmotnost [g]	Relativní četnost [%]	Součtová relativní četnost [%]
40	40 – 71	0,08	6,5	6,5	0,05	3,8	3,8
71	71 – 90	0,01	0,8	7,3	0	0	3,8
90	90 – 125	0,01	0,8	8,1	0,01	0,7	4,5
125	125 - 200	0,12	9,6	17,7	0,11	8,4	12,9
200	200 - 400	0,29	23,4	41,1	0,42	32,1	45
400	> 400	0,73	58,9	100	0,72	55	100
		Doba drcení 300 sec.					
Velikost oka [ $\mu\text{m}$ ]	Rozmezí [ $\mu\text{m}$ ] min. - max.	Hmotnost [g]	Relativní četnost [%]	Součtová relativní četnost [%]			
40	40 – 71	0,14	10,4	10,4			
71	71 – 90	0,04	3	13,4			
90	90 – 125	0,03	2,2	15,6			
125	125 - 200	0,2	14,8	30,4			
200	200 - 400	0,42	31,1	61,5			
400	> 400	0,52	38,5	100			

Měření bylo ovlivněno tvarem částic, které byly vlákněného typu. Vlákněné částice se zachytávaly v okách sít, čímž docházelo k mírnému zkreslení procentuálního podílu hmotností u jednotlivých velikostí sít. Z procentuálních podílů jednotlivých hmotností byly vytvořeny grafy, které byly proloženy křivkami. Byl zvolen exponenciální model, kterým byla proložena naměřená data. Tyto grafy, viz obr. 70, 71

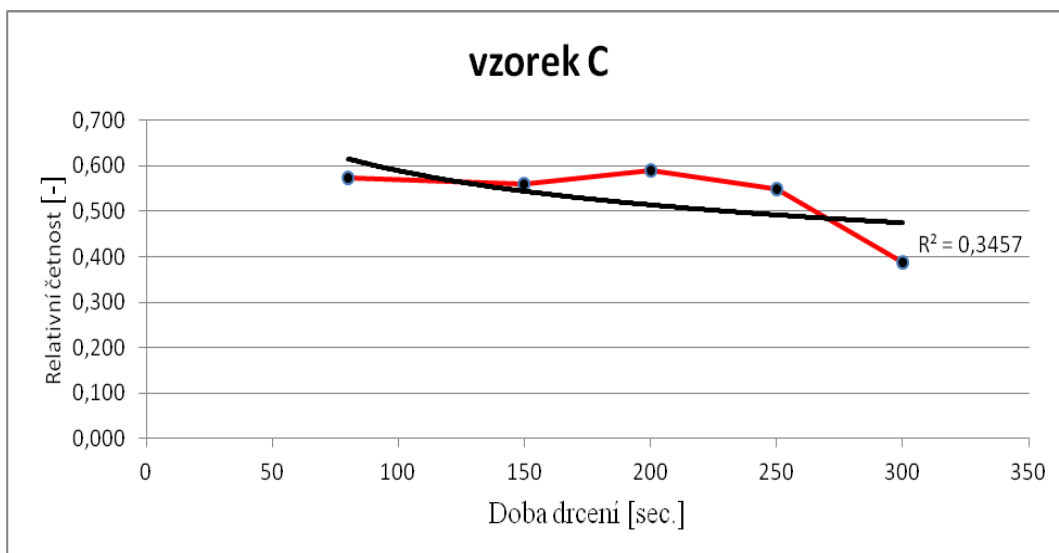
a 72 zobrazují úbytek procentuálního podílu částic větších než 400 µm v závislosti na zvyšující se době drcení. Předchozí hypotéza z měření na přístroji Zetasizer Nano ZS byla v tomto případě potvrzena s výjimkou vzorku C. Vzorek C, obsahoval velké shluky, které nebylo možné oddělit ani vibracemi síťovacího přístroje.



Obr. 70 - Graf závislosti procentuálního úbytku částic větších než 400 µm u vzorku A

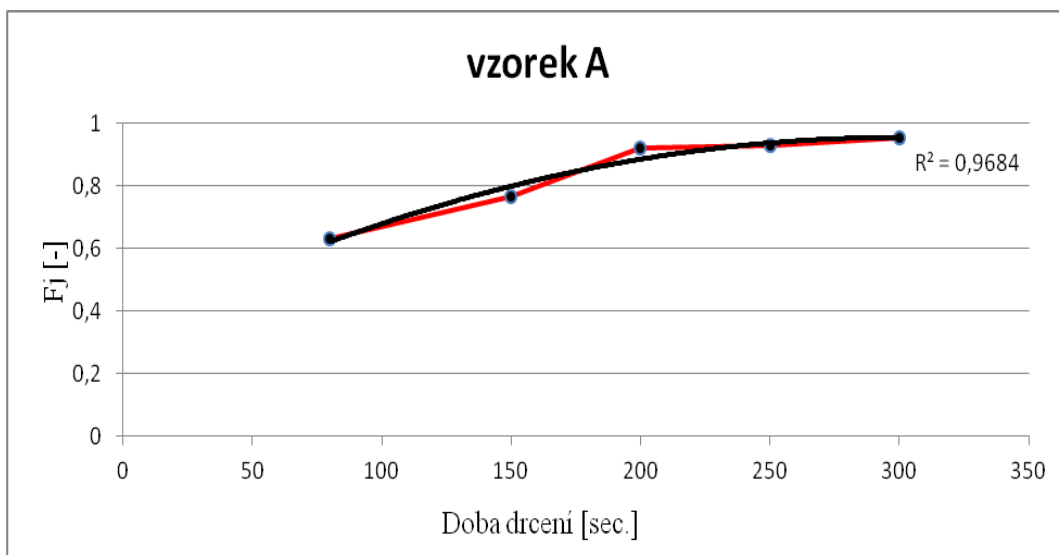


Obr. 71 - Graf závislosti procentuálního úbytku částic větších než 400 µm u vzorku B

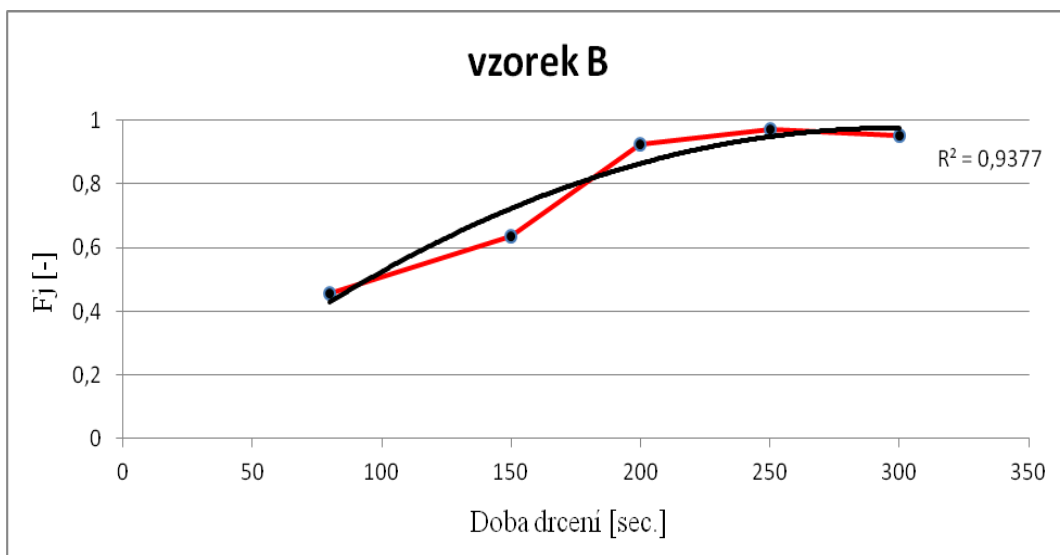


Obr. 72 - Graf závislosti procentuálního úbytku částic větších než 400  $\mu\text{m}$  u vzorku C

Na obrázku 73,74 a 75 jsou zobrazeny odhady pravděpodobnosti, že při dané době drcení bude výsledný prach obsahovat částice o velikosti menší než 400  $\mu\text{m}$ . Křivky, kterými jsou proloženy body, představují empirickou distribuční funkci. Z uvedených grafů je vidět, že u vzorku A a B je výrazná závislost mezi obsahem částic menších než 400  $\mu\text{m}$  a dobou drcení.

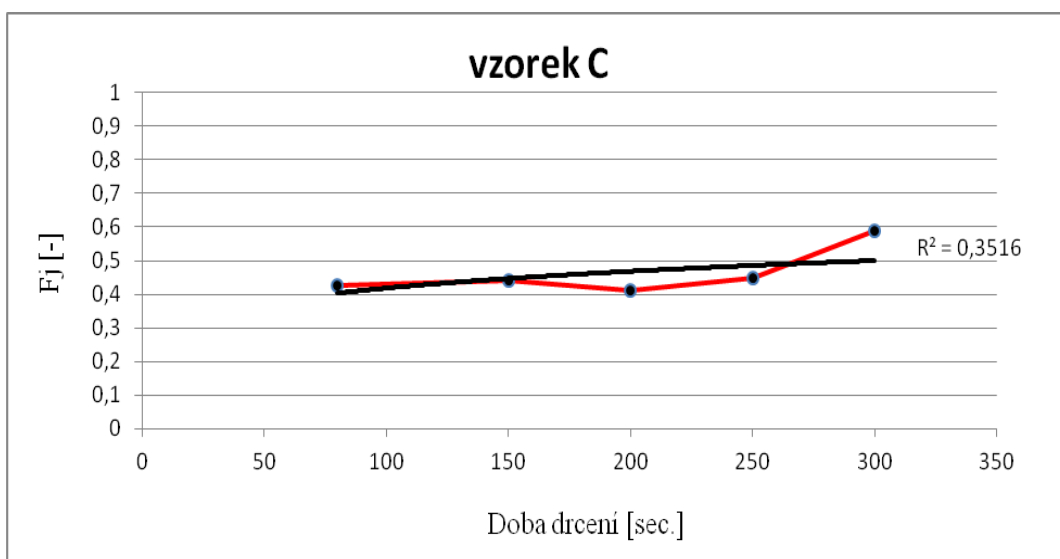


Obr. 73 - Graf odhadů pravděpodobnosti obsahu částic menších než 400  $\mu\text{m}$  u vzorku A



Obr. 74 - Graf odhadů pravděpodobnosti obsahu částic menších než 400  $\mu\text{m}$  u vzorku B

Z grafu na obr. 75 je vidět velmi slabá závislost velikosti částic na době drcení. Toto může být vysvětleno výše zmiňovaným shlukováním částic.



Obr. 75 - Graf odhadů pravděpodobnosti obsahu částic menších než 400  $\mu\text{m}$  u vzorku C

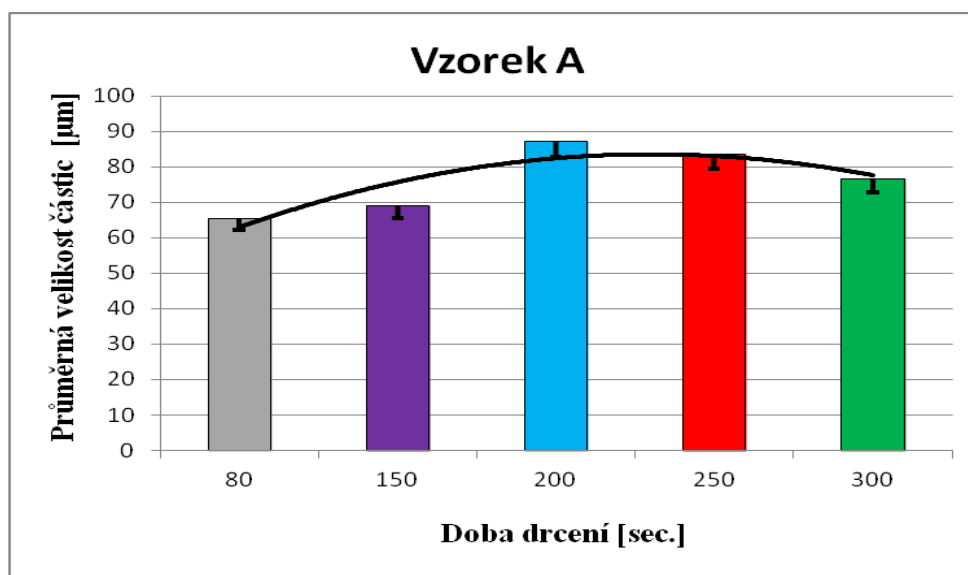
Následující graf, viz obr. 76, 77 a 78 zobrazuje vztah mezi průměrnou velikostí částic určenou podle vztahu (4), a dobou drcení.



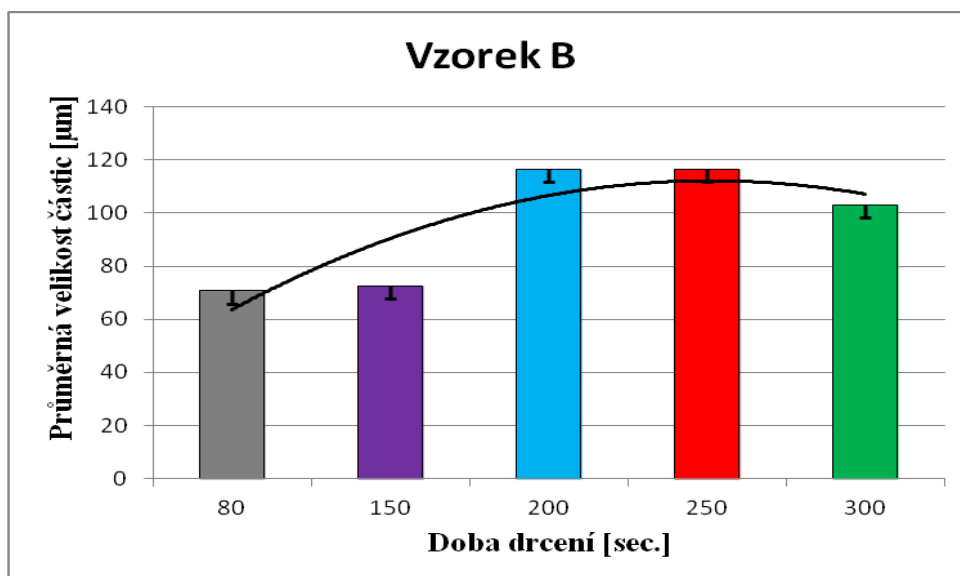
Výpočet průměrné hodnoty pomocí relativních četností [45]:

$$\bar{x} = \sum_{j=1}^p x_j * f_j \quad (4)$$

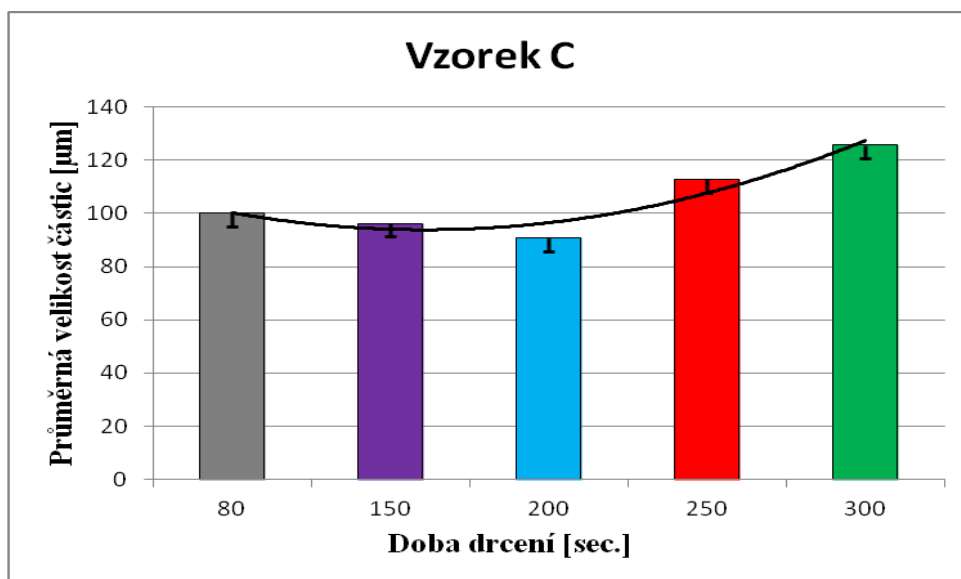
kde  $x_j$  - jsou třídní hodnoty tj. středy intervalů mezi velikostmi sít



Obr. 76 - Graf závislosti průměrných velikostí částic na době drcení u vzorku A



Obr. 77 - Graf závislosti průměrných velikostí částic na době drcení u vzorku B



Obr. 78 - Graf závislosti průměrných velikostí částic na době drcení u vzorku C

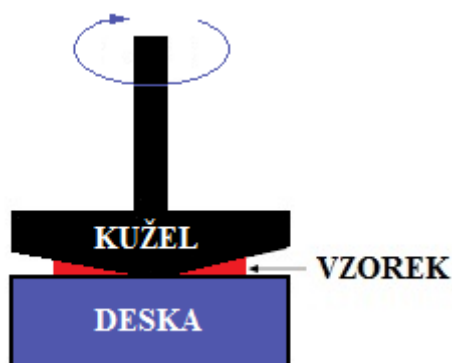
Z uvedených grafů je názorně vidět, že se všechny materiály chovaly nestandardně, jelikož hodnoty průměrných velikostí částic kolísají. Průměrná velikost částic materiálů by se měla zmenšovat s rostoucí dobou drcení. Toto může být vysvětleno například tím, že se částice navzájem shlukovaly. Další důvod může být i v použité teplotě drcení, která nemusela postačovat pro zkřehnutí materiálů. Pro ověření by bylo vhodné drtit jednotlivé části materiálů odděleně.

### 10.5. Měření viskozity taveniny materiálu podkladové textilie

Měření viskozity materiálu podkladové textilie bylo prováděno na rotačním reometru, viz kapitola 6.8. Pro měření byl zvolen typ kužel – deska (viz obr. 79). Hlavní výhodou tohoto uspořádání kužel – deska je stejná hodnota rychlosti smykové deformace napříč celým průměrem měřící geometrie.

Průměr kužele byl 40 mm a úhel zkosení rotačního kužele byl  $1^\circ$  (CP  $1^\circ / 40$  mm). Měřicí vzdálenost mezi kuželem a deskou byla 30 µm. Nejprve byl podkladový materiál rozstříhán na malé kousky cca 2 x 2 cm. Dva připravené vzorky byly vloženy mezi měřící elementy. Měřicí systém byl uzavřen do horkovzdušné pícky a materiál byl temperován na teplotu měření. Měření bylo uskutečněno při teplotách 200 °C a 230 °C, při kterých bylo získáno 10 hodnot viskozit při smykových rychlostech v rozmezí 1 - 10 / s<sup>-1</sup>. Při konstantní teplotě byl materiál ponechán v

přístroji po celou dobu měření. Měření viskozity probíhalo v pěti intervalech po dvou minutách. Jako další příznaky degradace materiálu bylo začínající hnědnutí materiálu, a zápach vzorků.



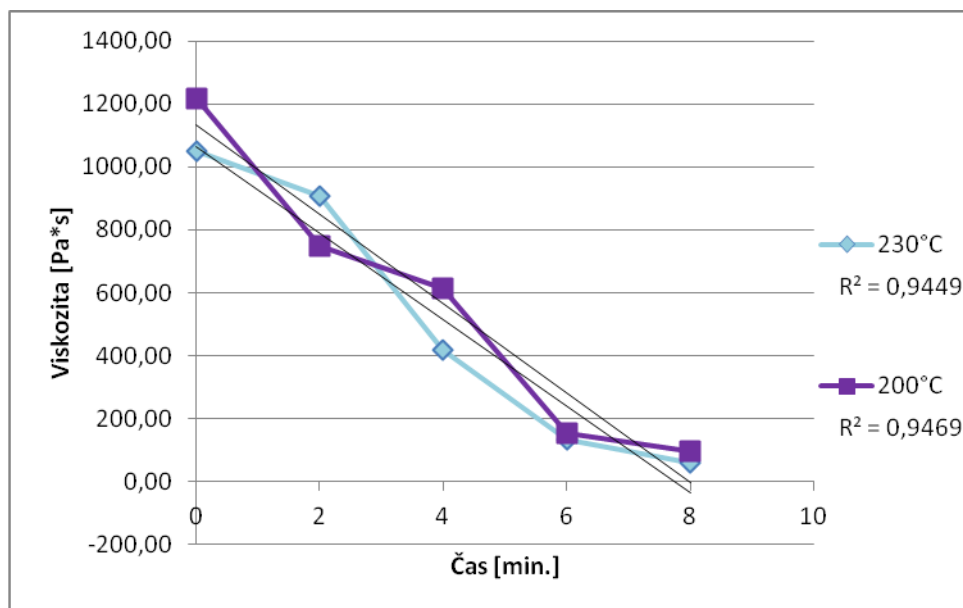
Obr. 79 - Geometrické uspořádání kužel – deska

Pro názornější porovnání byla zvolena jedna referenční smyková rychlost a to konkrétně  $1 \text{ s}^{-1}$  (viz Tab. 17). K této smykové rychlosti byly vybrány jednotlivé viskozity po určitých časových intervalech. Získané hodnoty byly zaneseny do grafu závislosti viskozity na čase, viz Obr. 80. Z grafu vyplývá, že s přibývajícím časem působení vybraných teplot 200 a 230 °C klesá viskozita materiálu podkladové textilie. Z porovnání rychlostí poklesů viskozit v závislosti na čase je patrné, že rozdíl v degradačních rychlostech při 200 a 230 °C je významný.

Tab. 17 - Tabulka výsledů viskozity v čase při smykové rychlosti 1 / s

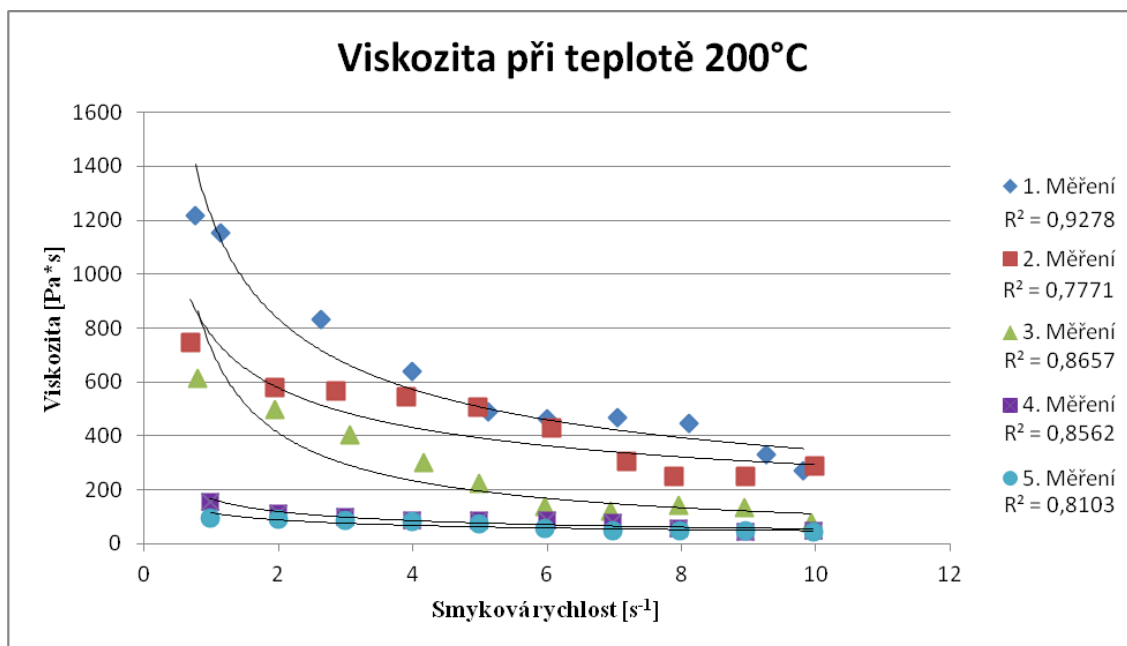
		Teplota	
		230 °C	200 °C
Smyková rychlost [1/s]	Čas [min.]	Viskozita [Pa * s]	Viskozita [Pa * s]
	0	1050,10	1218,40
	2	907,35	748,11
	4	417,71	612,21
	6	133,14	155,26
	8	61,37	95,53

Při smykové rychlosti 1/s byla pro teplotu 230 °C vypočítána průměrná hodnota viskozity 513,93 Pa\*s. Pro teplotu 200 °C byla průměrná hodnota 565,90 Pa\*s.

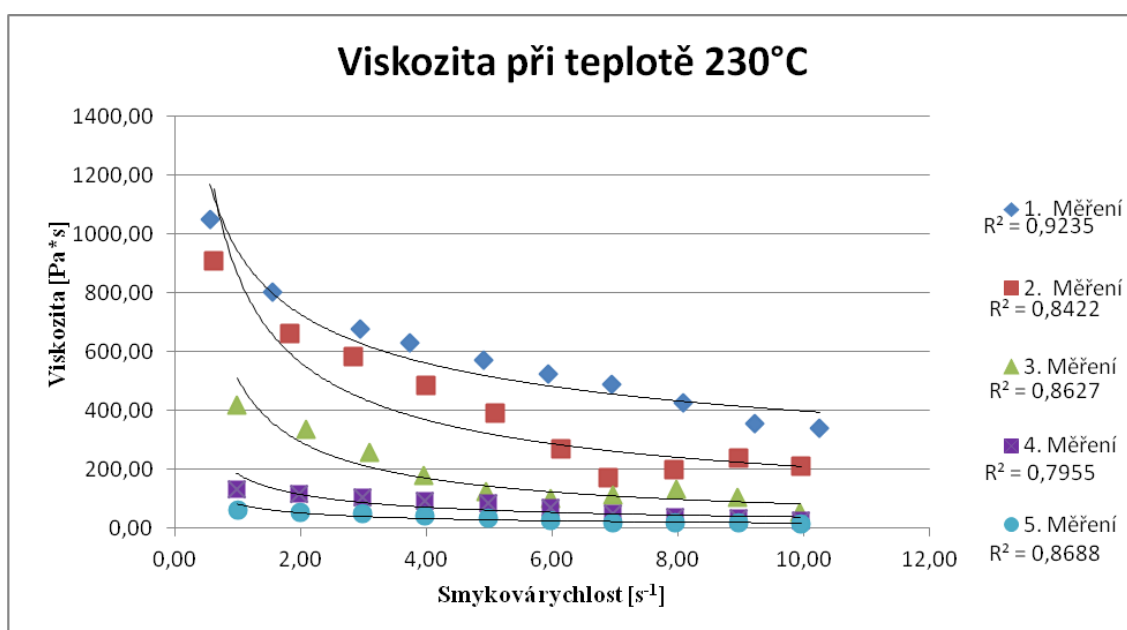


Obr. 80 - Graf závislosti viskozity na čase

Všechny naměřené hodnoty smykových rychlostí a viskozit jsou uvedeny v Tab. 18. Na obrázku 81 a 82 je znázorněn graf viskozity v závislosti na smykové rychlosti a teplotě. Z grafických závislostí vyplývá, že vzorek při teplotě 200 °C a 230 °C má nejvyšší hodnotu viskozity v čase nula. Se zvyšujícím se časem působení klesá postupně viskozita u vzorku. Z tohoto lze zařadit tuto látku mezi pseudoplastické nenewtonovské kapaliny. Viskozity při teplotě 200 °C vykazuje vyšší hodnoty než viskozity měřené při 230 °C. Lze tedy vyvodit, že degradace materiálu probíhá při 230 °C rychleji, což je v souladu s předpokladem.



Obr. 81 - Graf závislosti viskozity na smykové rychlosti při teplotě 200 °C



Obr. 82 - Graf závislosti viskozity na smykové rychlosti při teplotě 230 °C

**Tab. 18 - Výsledky získané z měření viskozity**

VZOREK PŘI TEPLITĚ 230 °C									
Čas 0 minut		Po 2 minutách		Po 4 minutách		Po 6 minutách		Po 8 minutách	
Smyková rychlost [1 / s]	Viskozita [Pa*s]	Smyková rychlost [1 / s]	Viskozita [Pa*s]	Smyková rychlost [1 / s]	Viskozita [Pa*s]	Smyková rychlost [1 / s]	Viskozita [Pa*s]	Smyková rychlost [1 / s]	Viskozita [Pa*s]
0,57	1050,10	0,62	907,35	1	417,71	0,99	133,14	1	61,37
1,55	803,07	1,83	660,92	2,09	336,09	1,98	117,74	1,99	56,02
2,94	676,63	2,84	585,17	3,09	259,84	2,98	104,8	2,99	50,89
3,74	630,27	3,99	484,83	3,96	179,95	3,99	92,41	3,98	41,76
4,91	571,89	5,10	392,83	4,94	125,15	4,99	83,94	4,98	34,64
5,93	524,99	6,14	270,36	5,97	102,95	5,98	71,67	5,97	28,21
6,95	487,54	6,90	173,49	6,97	113,63	6,96	49,31	6,97	19,82
8,09	424,81	7,94	199,82	7,97	133,75	7,96	40,16	7,96	18,43
9,22	355,72	8,96	237,18	8,94	107,34	8,96	33,98	8,96	17,49
10,25	341,98	9,96	210,20	9,94	54,7	9,95	25,93	9,96	15,92
VZOREK PŘI TEPLITĚ 200 °C									
Čas 0 minut		Po 2 minutách		Po 4 minutách		Po 6 minutách		Po 8 minutách	
Smyková rychlost [1 / s]	Viskozita [Pa*s]	Smyková rychlost [1 / s]	Viskozita [Pa*s]	Smyková rychlost [1 / s]	Viskozita [Pa*s]	Smyková rychlost [1 / s]	Viskozita [Pa*s]	Smyková rychlost [1 / s]	Viskozita [Pa*s]
0,76	1218,40	0,69	748,11	0,8	612,21	0,98	155,26	0,99	95,53
1,13	1151,60	1,94	580,31	1,95	496,62	1,99	114,21	1,99	90,33
2,63	833,31	2,86	566,32	3,06	405,68	2,99	97,51	2,99	87,37
3,98	638,56	3,90	546,02	4,16	302,21	3,99	88,29	3,99	82,45
5,12	489,09	4,96	505,91	4,98	223,81	4,99	85,23	4,98	73,08
6,00	464,64	6,07	427,72	5,96	140,24	5,99	87,94	5,97	58,68
7,05	467,37	7,18	306,96	6,95	122,93	6,98	79,34	6,97	46,29
8,11	446,76	7,88	248,45	7,96	141,54	7,96	57,76	7,97	47,32
9,26	332,81	8,95	250,62	8,94	132,67	8,96	45,44	8,96	49,14
9,82	270,25	9,98	286,34	9,93	78,39	9,96	48,13	9,96	44,3

## 11. DISKUZE VÝHOD A NEVÝHOD JEDNOTLIVÝCH NÁVRHŮ

Recyklace je velmi výhodná z hlediska šetření přírodních zdrojů. Z ekonomického hlediska by byla recyklace výhodná především tím, že odpadají náklady na odvoz na specializované skládky. Lepším způsobem jak využít tyto odpady by bylo, že si je firma bude zpracovávat například v rámci rozšíření vyráběného sortimentu a daný výrobek by dostal podnázev recyklát z příslušného materiálu. Tyto výrobky nebo polotovary by firma mohla využít dále buď pro své vlastní účely, nebo by je mohla využívat za účelem prodeje a zvýšit tím své zisky a popřípadě získat určitou míru návratnosti nákladů za pořízení strojů na zpracování odpadů. Toto je velmi dobré z hlediska environmentálního, ovšem ne vždy je tato myšlenka v zájmech firmy nebo dokonce v jejích možnostech. Existují jisté dotace pro nakládání s odpady. Například Ministerstvo životního prostředí poskytuje dotace v rámci operačního programu životního prostředí. Tyto dotace slouží na podporu projektu následného zpracování odpadů a tím snížení zátěže životního prostředí průmyslovým znečištěním a snižování environmentálních rizik. Tato práce byla zaměřená na firmu Grund a na jednotlivé návrhy zpracování jejich odpadů. Z hlediska výhod a nevýhod pro firmu Grund navrženého nakládání s odpady to jsou:

Zpracování odpadové **akrylové příze**. Tento odpad je velmi kvalitní surovina v podobě čistých akrylových přízí, které nejsou upraveny ani fixovány různými chemickými prostředky pouze jsou fixovány teplem (párou) a vlhčeny vodou. Akrylové příze jsou ve formě odstřížků různé délky nebo, ve formě vytaženého vlasu předložky.

Vrácení odpadových vláken do procesu opakované výroby přízí je pro firmu Grund nevýhodné z hlediska toho, že se firma snaží dlouhodobě vyřešit línání přízí a podíl krátkých vláken ve znovu zpracované přízi by celý problém mohl podstatně zhoršit. Proto by mohla být výhoda pro firmu Grund v prodeji těchto vláken nebo přízí firmám, kde by tento podíl krátkých vláken nebylo problémem. Zpracování by bylo možné i v rámci firmy, což je nevýhodné z hlediska vstupních nákladů na pořízení rozvolňovacího stroje (mykacího stroje). Firma by měla z tohoto prodeje zisk bez nákladů na nákup materiálů, protože by využívala nepotřebný odpadový materiál.

Odpadové příze by mohly být využity pro výrobu netkané textilie. Toto řešení má své výhody v tom, že výsledný výrobek má velmi široké spektrum využití. Tato netkaná textilie by mohla být vyráběná v rámci výroby firmy Grund, ale nevýhodou jsou náklady na pořízení rozvolňovacího stroje a stroje na zpevňování výsledného vlákněného rouna (například vpichovací stroj). Pro možné povrchové úpravy z hlediska zlepšení designu je potřeba pořídit další stroje na provádění úprav například vzorování prostřednictvím laserové technologie.

Upravením výrobního postupu při výrobě netkané textilie z odpadových přízí lze výslednou netkanou textilií využít také jako předložku či kobereček různého využití. Toto řešení má výhodu především v novém nápadu na výrobek bez pořizovacích nákladů na vstupní materiál. Nevýhodou jsou opět pořizovací náklady na nákup strojů pro výrobu a zpevnění netkané textilie. Zpevnění a fixace vláken netkané textilie z rubní strany je možné prostřednictvím latexového zátěru přímo ve firmě. Na tuto operaci již nejsou vyžadované další náklady, jelikož firma Grund provádí ruční nanášení latexového zátěru na své primární výrobky.

Zpracování odpadové příze na uhlíková vlákna má velkou výhodu ve vysoké prodejní ceně výstupního materiálu s nulovými náklady na materiál vstupní. Jako nevýhoda toho řešení se jeví počáteční náklady na pořízení výrobní linky na výrobu uhlíkových vláken.

Zpracování odpadové **podkladové textilie z polypropylenu**. Tento odpadový materiál je ve formě čistých odřezků, a odřezků se stopami po všitých přízích. Upravený čistý materiál (bez vlasu a zátěru) je možné zpracovávat prostřednictvím regenerace. Toto řešení má výhodu především v nulových nákladech na nákup vstupního materiálu. Další výhodou je výstupní granulát, který má v dnešní době široký rozsah uplatnění, z hlediska dalšího tepelného zpracování na výrobky různého druhu. Výsledný granulát je možné prodávat a tím zvýšit zisk firmy. Nevýhodou jsou vstupní náklady na pořízení stroje na výrobu granulátu. V případě zpracování granulátu na novou podkladovou textilií je dále nutné pořízení linky pro výrobu stejného druhu podkladové textilie.

Vstupní odpad by bylo možné zpracovávat prostřednictvím dohody s firmou Dupont, která tento materiál vyrábí primární formě. Dohoda by mohly být ta, že by firma Grund dodávala odpadovou podkladovou textilií zpět do firmy Dupont. Tato



firma by pouze pro firmu Grund vyráběla recyklát za nižší dohodnutou cenu. Firma Grund by získala levnější možnost dodávání podkladové textilii, a firma Dupont by měla zisk z prodeje podkladové textilie se sníženými náklady na vstupní surovinu.

Zpracování odpadu ve formě **odřezku různých velikostí a tvarů**. Zpracování toho odpadu je možné dle návrhů dvěma způsoby buď ve formě celku, nebo ve formě vytríděného materiálu. V prvním případě zpracování odpadu ve formě vcelku je možné pomocí drcení. Toto má výhodu v nenáročné přípravě předkládaného odpadu, kdy je nutné pouze odpad shromáždit a poté celý nadrtit. Nadrcený materiál je dále možné separovat a prodávat různé složky odpadu. Nevýhodou tohoto řešení jsou vstupní náklady na pořízení stroje na drcení odpadu a na pořízení stroje určeného k separaci výsledné drtě.

V případě varianty, kdy se odpad vytrídí, jsou velké výhody v tom, že se jednotlivé komponenty dají lépe zpracovat či přímo prodat a zvýšit tím zisk. V případě zpracování je možné se řídit dle výše uvedených výhod a nevýhod pro čistou a vyčesanou přízi a pro odpadovou podkladovou textilii.

Jako možná alternativa pro likvidaci či zpracování všech odpadů je volba **spalování**. Toto řešení by bylo možné ve dvou variantách. První varianta je jednodušší s tím, že by se odpad dovážel přímo do spaloven. Nevýhodou toho řešení by byly náklady na dopravu a náklady za spálení odpadu. Druhá varianta by byla ta, že by si firma Grund pořídila vlastní spalovací linku a využívala by energetických vlastností (výchřevností) odpadu pro vytápění určitých objektů ve firmě. Toto řešení by mělo výhodu především v ušetřených nákladech za vytápění objektů, jelikož by si zprostředkovávala vytápění sama s nulovými náklady za vstupní materiál pro spálení. Nevýhodou jsou pořizovací náklady na pořízení spalovací linky a za zavedení vyhřívacích rozvodů do vytápěných objektů.

## 12. ZÁVĚR

Firma GRUND a. s. se snaží najít nejvhodnější technologie, pomocí kterých odpad maximálně zredukují, popřípadě částečně zužitkují a v co nejmenším množství nechají odvést na skládky. Před samotným zpracováním odpadu, by se měla firma nejprve zaměřit na snahu o minimalizaci svého odpadu a poté hledat východisko ve vhodné technologii možného budoucího zpracování.

V experimentální části diplomové práce jsou uvedeny návrhy využití odpadů z koupelnových předložek firmy Grund. Tyto návrhy slouží jako orientační přehled možností jak by bylo možné v budoucnu nakládat s odpady. Jednotlivé návrhy nemusí sloužit pouze pro potřeby firmy Grund, ale mohou sloužit také jako podnět k dalším výzkumům, které by vedli k vylepšení stávajících návrhů.

Mezi nejvhodnější způsoby zpracování odpadu z hlediska autorky této práce je metoda tryskání peletami suchého ledu nebo sněhu. Tato metoda by se využívala jako odstranění zátěrové vrstvy z rubní strany odřezků odpadů. Tato technologie má výhodu v tom, že při ní nevzniká žádný vedlejší odpad. Po odstranění zátěrové vrstvy je možné pomocí speciálně navrženého stroje vyčesat vlas z podkladové textilie. Takto oddělené složky lze jednotlivě zpracovávat. Jednotlivé složky produkovaného odpadů mají větší uplatnění samostatně a to z hlediska jak větší výnosnosti při prodeji tak snadnějšího zpracování. Využití této technologie je pro firmu Grund ekonomicky nenáročná z hlediska přijatelných nákladů na pořízení celého systému. Dále je také možné vyrábět pelety suchého ledu přímo v rámci výroby firmy pořízením například hydraulického peletizéru. Tímto způsobem by byla firma plně samostatná při separaci složek, které by bylo možné dále jednotlivě prodávat nebo zpracovávat.

Jako další zajímavé zpracování je možné využití odpadových akrylových přízí pro výrobu netkané textilie. Toto řešení nevyžaduje složité technologické postupy a náročné technické vybavení. V současné době jsou netkané textilie velmi populární a lze je využít v různých odvětvích. V případě, že by firma zvolila tuto možnost lze provádět na těchto netkaných textiliích různé úpravy. Povrch těchto netkaných textilií může být například dekorativně vzorován pomocí laserového systému, tento systém v podstatě vypálí požadovaný vzor a současně zafixuje povrchová vlákna. Pro zafixování rubní strany netkané textilie je možné použít latexový zátěr stejným

způsobem jako bylo provedeno v experimentální části této práce. Tento zátěr také slouží jako protiskluzová vrstva. Kraje netkané textilie opatřené zátěrem by bylo ještě vhodné začistit (obnitkovat). Jako další zajímavá úprava může být provedeno vertikální naskládání netkané textilie s přidáním další textilie pro výrobu vícevrstvé textilie. Na tuto textilií je dále možné aplikovat vzor pomocí laseru.

V rámci experimentálního měření byla zkoušena metoda kryogenního drcení. Tato metoda je aplikovatelná pouze v případě, že nebude kladen důraz na velikost a tvar výsledných částic. Pro získání potřebné jemnosti drceného materiálu je nutné regulovat dobu a teplotu drcení. Po procesu drcení je třeba zařadit ještě vhodný druh separace částic, které by bylo nutné experimentálně odzkoušet.

V budoucnosti bude znovu zpracování odpadu pro firmu Grund výhodné v rámci stoupajících nákladů na odstranění odpadu. Zpracování vlastních odpadů bude v začátcích ekonomicky náročné z důvodu pořízení nových strojů na likvidaci nebo zpracování zvolených složek odpadu. Tyto počáteční náklady se v budoucnu zhodnotí z hlediska nových produktů a rozšíření výrobních linek firmy. Mezi další výhody také spadá šetření nákladů na likvidaci a odvoz odpadu na skládky. Znovu zpracování odpadů nemusí být vždy voleno pouze jako výhodná alternativa v rámci určité firmy, ale je dobré také přihlídnout k environmentálnímu hledisku, které je v současné době velmi aktuální.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Interní zdroje od firmy Grund a.s., 2013
- [2] Synthos, syntetické latexy [online]. Dostupné z:  
<http://synthosgroup.com/?id=171&L=2>. [citováno 05-01-2013]
- [3] Kašparová, L.: *Komfort koupelnových předložek*: bakalářská práce. Liberec: TUL, 2011
- [4] Militký, J.: *Textilní vlákna, Klasická a speciální*. Liberec: TUL, 2012, ISBN 978-80-7372-844-1
- [5] Ocheretna, L.: *Textilní zbožíznalství*, dat [přednáška č. 6], [citováno 06-01-2013]
- [6] Bodotávek SPM 10 / SPM 20 [online]. Dostupné z:  
<http://www.verkon.cz/bodotavky-smp-stuartu/>. [citováno 10-02-2013]
- [7] Melting Point Apparatus [online]. Dostupné z:  
[http://www.instrumart.com/assets/SMP10\\_20\\_Manual.pdf](http://www.instrumart.com/assets/SMP10_20_Manual.pdf). [citováno 10-02-2013].
- [8] Holc, Speciální papíry [online]. Dostupné z:  
[http://www.holc.cz/?page\\_id=24](http://www.holc.cz/?page_id=24). [citováno 10-02-2013].
- [9] Hanuš J., Dvořáková E.: *Studie. Možnosti využití kryogenních technologií k recyklaci textilu a obuvi*, Liberec: TUL, 2008
- [10] Odpady z textilního průmyslu [online]. Dostupné z:  
[http://www.ucitsnadno.cz/index.php?page=shop.product\\_details&flypage=flypage.tpl&product\\_id=101&category\\_id=9&option=com\\_virtuemart&Itemid=61](http://www.ucitsnadno.cz/index.php?page=shop.product_details&flypage=flypage.tpl&product_id=101&category_id=9&option=com_virtuemart&Itemid=61).  
[citováno 26-02-2013].
- [11] ČESKO. Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů. Dostupný z:  
<http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/8fc3e5c15334ab9dc125727b00339581?OpenDocument>. [citováno 18-03-2013].
- [12] Bioflukes, Kryogenní mletí [online]. Dostupné z:  
<http://www.bioflukes.com/blogs/127>. [citováno 18-03-2013]
- [13] Jirásková, P.: *Předení*, dat [přednáška], [citováno 02-04-2013]

- [14] Retsch, *34 The sample*. 2009, ISSN 0949 – 6025
- [15] Menardifilters, Spunbond – upravený obrázek [online]. Dostupné z: [http://www.menardifilters.com/spunbond\\_story.htm](http://www.menardifilters.com/spunbond_story.htm). [citováno 28-04-2013]
- [16] Malvern Instruments Ltd.: *Zetasizer Nano – příručka pro uživatele*, Spojené království, 2007
- [17] Malvern, Zetasizer Nano ZS [online]. Dostupné z: [http://www.malvern.com/labeng/products/zetasizer/zetasizer\\_nano.htm](http://www.malvern.com/labeng/products/zetasizer/zetasizer_nano.htm). [citováno 01-04-2013]
- [18] Retsch, Analytický síťovací stroj [online]. Dostupné z: <http://www.retsch.cz/cz/produkty/sitovani/analyticke-sitovaci-stroje/as-200-basic/>. [citováno 08-04-2013].
- [19] Jirsák O., Kalinová K.: *Netkané textilie*, [online]. Dostupné z: <https://skripta.ft.tul.cz/databaze/data/2007-11-20/12-32-11.pdf>. [citováno 13-04-2013]
- [20] Škola textilu, Kalandrování [online]. Dostupné z: <http://www.skolertextilu.cz/zus/index.php?page=38>. [citováno 13-04-2013].
- [21] Vik M., Víková M., *Finální úpravy textilií I* [online]. Dostupné z: <http://www.ft.tul.cz/depart/ktc/sylaby/ZUT/ZUT%2013.pdf>. [citováno 13-04-2013]
- [22] Alkion, *Suchý led* [online]. Dostupné z: <http://www.alkion.eu/cz/suchy-led.htm> [citováno 14-04-2013].
- [23] Trygas, *Metody tryskání suchého ledu* [online]. Dostupné z: <http://www.trygas.cz/cz/cisteni-suchym-ledem/princip-metody>. [citováno 14-04-2013].
- [24] Tryskání suchým ledem [online]. Dostupné z: <http://tryskanisuchymledem.cz/ukazky-pouziti-tryskani-suchym-ledem.html>. [citováno 14-04-2013].
- [25] Messer Technogas, médium pro moderní čištění a chlazení [online]. Dostupné z: <http://tryskanisuchymledem.cz/ukazky-pouziti-tryskani-suchym-ledem.html>. [citováno 14-04-2013].

- [26] Linde-gas, Technické plyny [online]. Dostupné z: [http://www.linde-gas.cz/cs/produkty\\_and\\_zasobovani/suchy\\_led/index.html](http://www.linde-gas.cz/cs/produkty_and_zasobovani/suchy_led/index.html). [citováno 14-04-2013].
- [27] Spektro, Ekologické čištění povrchů [online]. Dostupné z: <http://www.spektro.cz/princip-cisteni-pomoci-snehu-co2--4.html>. [citováno 14-04-2013].
- [28] Wang. Y.: *Recycling in Textiles*, Carpet recycling technologies. USA: Georgia Institute of Technology. 2006.
- [29] Kosour V., Technologie rychlého prototypování za použití metody FDM a současně technologie vytavitelného modelu: diplomová práce. Brno: VUT, 2008 [online]. Dostupné z: [https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/13295/2008\\_DP\\_Kosour\\_Vojt%C4%9Bch\\_53594.pdf?sequence=1](https://dspace.vutbr.cz/bitstream/handle/11012/13295/2008_DP_Kosour_Vojt%C4%9Bch_53594.pdf?sequence=1). [citováno 14-04-2013].
- [30] Hruža. J.: *Zpracování odpadů textilních a polymerních*, Regranulace a aglomerace dat [přednáška], [citováno 02-04-2013],
- [31] Asgearth, Strand Pelletizer, Extruder [online]. Dostupné z: <http://asgearth.en.made-in-china.com/product/SoqQXbUTXIVg/China-Strand-Pelletizer-Extruder.html>. [citováno 14-04-2013].
- [32] Sciencedirect, *Pelletizing: choosing an appropriate method* [online], Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1464391X04002351>. [citováno 14-04-2013].
- [33] ] Holk, *Speciální papíry* [online], Dostupné z: [http://www.holk.cz/?page\\_id=24](http://www.holk.cz/?page_id=24). [citováno 14-04-2013].
- [34] User manual for Bohlin Rheometers. 2004, Bohlin Instruments
- [35] *Projekt „Nové technologie a speciální komponenty strojů“*. Prototyp stroje ROTIS a jeho produkty [prezentace], TUL Liberec, [citováno 14-04-2013].
- [36] Hruža. J.: *Zpracování textilních a polymerních odpadů*, dat [přednáška], [citováno 06-05-2013],
- [37] Běhálek. L.: *Teorie zpracování nekovových materiálů*, Recyklace polymerů dat [prezentace], [citováno 06-05-2013].

- [38] Lintech, *Laserová technologie* [online], Dostupné z: <http://www.lintech.cz/co-je-laserova-technologie> [citováno 03-05-2013].
- [39] User manual Easy Laser Marcatex 150 Flexi, 2003
- [40] Úvod do technologií zpracování kompozitů, [online], Dostupné z: [http://u12133.fsid.cvut.cz/podklady/TZPK/%C3%A9vodn%C3%AD%20p%C5%99edn%C3%A1%C5%A1ka%20kompozity\\_web.pdf](http://u12133.fsid.cvut.cz/podklady/TZPK/%C3%A9vodn%C3%AD%20p%C5%99edn%C3%A1%C5%A1ka%20kompozity_web.pdf) [citováno 13-05-2013]
- [41] Kořínek Z., *Uhlíková vlákna* [online], Dostupné z: <http://www.volny.cz/zkorinek/vlakna.pdf> [citováno 13-05-2013]
- [42] Horrocks R., *Recycling Textile and Plastic Waste*, England: Bolton Institute / British Textile Technology Group, 1996, ISBN 978-1-85573-306-0
- [43] Polypropylenová vlákna do betonů, Ing. Andělová Z., [online], Dostupné z: <http://www.estav.cz/katalog/listy/K3121800.pdf> [citováno 13-05-2013] ABF 2000
- [44] Kovačič V., *Zkoušení textilií* [online], Dostupné z: <http://www.ft.tul.cz/depart/ktm/files/20060302/ztpb.pdf> [citováno 21-05-2013]
- [45] Tvrdík J., *Základy matematické statistiky* [online], Dostupné z: [http://www1.osu.cz/~tvrdik/down/files/XZMAS\\_09.pdf](http://www1.osu.cz/~tvrdik/down/files/XZMAS_09.pdf) [citováno 21-05-2013]

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1 – Česanec [1] .....	15
Obr. 2 - Stroj na objemování příze [1].....	15
Obr. 3 - Nanášení latexové pěny [1] .....	17
Obr. 4 - Koupelnová předložka firmy Grund .....	17
Obr. 5 - Produkce odpadu firmy Grund za jeden měsíc [1].....	20
Obr. 6 - Řez koupelnovou předložkou.....	20
Obr. 7 - Chemický vzorec polypropylenu [4].....	22
Obr. 8 - Zvlákňování do šachty [5].....	23

Obr. 9 - Schéma výroby netkané textilie technologií Spunbond spojená se zpevněním horkým kalandrem [15] .....	25
Obr. 10 - Řez akrylovými vlákny [5].....	26
Obr. 11 - Chemický vzorec akrylových vláken [4] .....	26
Obr. 12 - Zvlákňování PAN [5] .....	27
Obr. 13 - Graf závislosti viskozity na teplotě [1] .....	31
Obr. 14 - Hot Melt granulát [8].....	32
Obr. 15 - Bodotávek [7] .....	34
Obr. 16 - Válcový mykací stroj .....	35
Obr. 17 - Vpichovací zařízení [15] .....	36
Obr. 18 - Stroj Rotis II [35] .....	36
Obr. 19 - Kryogenní mlýnek – Cryomill [12].....	37
Obr. 20 - Přístroj Zetasizer Nano ZS [17] .....	38
Obr. 21 - Sítovací přístroj Resch AS 200 a různě veliká síta [18].....	39
Obr. 22 - Rotační reometr .....	40
Obr. 23 - Schéma laserového systému [39] .....	42
Obr. 24 - Struktura příze .....	43
Obr. 25 - Struktura podkladové textilie .....	44
Obr. 26 - Schéma výroby uhlíkových vláken [40].....	47
Obr. 27 - Pramenný peletizér [31] .....	48
Obr. 28 - Podvodní peletizér [32] .....	49
Obr. 29 - Tepelná regranulace - Erema TVEplus [30] .....	50
Obr. 30 - Recyklační pyramida uzavřeného cyklu [37].....	51
Obr. 31 - Schéma hustotní separace.....	52
Obr. 32 - Schéma nanášení krátkých vláken v elektrostatickém poli [19] .....	54
Obr. 33 - Schéma koupelnové předložky.....	54
Obr. 34 - Schematický princip tryskání na povrch peletami [22].....	55



Obr. 35 - Pelety suchého ledu [23] .....	56
Obr. 36 - Zařízení pro tryskání pelet [23] .....	57
Obr. 37 - Hydraulický peletizér s termoboxem [27] .....	58
Obr. 38 - Protlačovací matrice pro výrobu pelet [27] .....	58
Obr. 39 - Manuální zařízení [27] .....	59
Obr. 40 - Automatizované zařízení [27] .....	59
Obr. 41 - Schéma koupelnové předložky po odstranění zátěru .....	59
Obr. 42 - Teoretický návrh vyčesávacího stroje .....	60
Obr. 43 - Spalování textilního odpadu [36] .....	62
Obr. 44 - Kapiláry s polypropylenem .....	63
Obr. 45 - Vlákněná pavučina po prvním rozvlákňování .....	65
Obr. 46 - Vstupní materiál pro druhé rozvlákňování .....	65
Obr. 47 - Vlákněná vrstva po druhém rozvlákňování .....	66
Obr. 48 - Schéma překladu vlákněných roun .....	66
Obr. 49 - První krok zpevňování .....	67
Obr. 50 - Druhý krok - přeložení vlákněné vrstvy podélně .....	67
Obr. 51 - Netkaná textilie se zátěrem Latex .....	68
Obr. 52 – Detail povrchové struktury latexového zátěru .....	69
Obr. 53 - Připravený materiál na vpichování .....	69
Obr. 54 - Vlákněná vrstva druhé netkané textilie .....	70
Obr. 55 - Výsledná netkaná textilie .....	71
Obr. 56 - Vzorek zpevněný armovací mřížkou .....	71
Obr. 57 - Vertikálně naskládaná netkaná textilie .....	72
Obr. 58 - Vícevrstvá textilie .....	72
Obr. 59 - První pokus vypalování .....	73
Obr. 60 - Druhý pokus vypalování .....	73

Obr. 61 - Třetí pokus vypalování.....	74
Obr. 62 - Detail zvolené intenzity 170 $\mu$ s laseru .....	74
Obr. 63 - Vstupní materiál pro drcení na kryogenním mlýnku .....	76
Obr. 64 – Vzorek A a B - drcený odpad při době drcení 300 sekund.....	77
Obr. 65 - Vzorek C - drcený odpad při době drcení 300 sekund.....	78
Obr. 66 - Kyveta se vzorkem.....	79
Obr. 67 – Graf závislosti průměrné velikosti částic vzorku A na čase drcení.....	80
Obr. 68 - Graf závislosti průměrné velikosti částic vzorku B na čase drcení.....	80
Obr. 69 - Graf závislosti průměrné velikosti částic vzorku C na čase drcení.....	80
Obr. 70 - Graf závislosti procentuálního úbytku částic větších než 400 $\mu$ m u vzorku A .....	85
Obr. 71 - Graf závislosti procentuálního úbytku částic větších než 400 $\mu$ m u vzorku B .....	85
Obr. 72 - Graf závislosti procentuálního úbytku částic větších než 400 $\mu$ m u vzorku C .....	86
Obr. 73 - Graf odhadů pravděpodobnosti obsahu částic menších než 400 $\mu$ m u vzorku A .....	86
Obr. 74 - Graf odhadů pravděpodobnosti obsahu částic menších než 400 $\mu$ m u vzorku B .....	87
Obr. 75 - Graf odhadů pravděpodobnosti obsahu částic menších než 400 $\mu$ m u vzorku C .....	87
Obr. 76 - Graf závislosti průměrných velikostí částic na době drcení u vzorku A.....	88
Obr. 77 - Graf závislosti průměrných velikostí částic na době drcení u vzorku B.....	88
Obr. 78 - Graf závislosti průměrných velikostí částic na době drcení u vzorku C.....	89
Obr. 79 - Geometrické uspořádání kužel – deska.....	90
Obr. 80 - Graf závislosti viskozity na čase .....	91
Obr. 81 - Graf závislosti viskozity na smykové rychlosti při teplotě 200 °C.....	92
Obr. 82 - Graf závislosti viskozity na smykové rychlosti při teplotě 230 °C.....	92

## SEZNAM TABULEK

Tab. 1 - Odpadové hospodářství firmy [1] .....	19
Tab. 2 - Vlastnosti podkladové textilie [1]. .....	21
Tab. 3 - Vlastnosti Hot meltu [1] .....	29
Tab. 4 - Vlastnosti Latexu [1] .....	33
Tab. 5 - Technické parametry přístroje Marcatex Flexi [39].....	41
Tab. 6 - Hustoty jednotlivých komponent koupelnové předložky [4] .....	51
Tab. 7 -Základní vlastnosti suchého ledu [26].....	56
Tab. 8 - Energetická výhřevnost vybraných materiálů [36, 37] .....	61
Tab. 9 - Naměřené teploty tání .....	64
Tab. 10 - Statistika z naměřených hodnot teploty tání .....	64
Tab. 11 - Parametry vpichování.....	68
Tab. 12 - Parametry vpichování u druhé netkané textilie .....	70
Tab. 13 - Časové intervaly drcení na kryogenním mlýnku.....	77
Tab. 14 -Velikost částic u vzorku A .....	82
Tab. 15 - Velikost částic u vzorku B .....	83
Tab. 16 - Velikost částic u vorku C .....	84
Tab. 17 - Tabulka výsledů viskozity v čase při smykové rychlosti 1 / s .....	90
Tab. 18 - Výsledky získané z měření viskozity .....	93

## **PŘÍLOHA**

Příloha č. 1 – Vzorky získané drcením z kryogenního mlýnku

Příloha č. 2 – Přehled výsledků naměřených velikostí částic na přístroji Zetasizer Nano  
ZS

Příloha č. 3 – Vzorky nejemnějších a nejhrubších vzorku při měření velikosti částic na  
přístroji Retsch AS 200

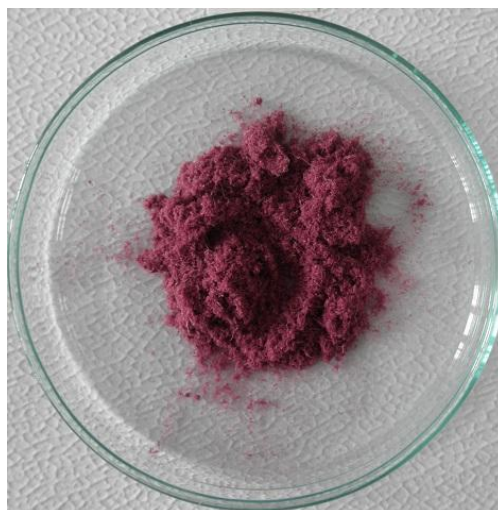
## **Příloha č. 1 – Vzorke získané drcením z kryogenního mlýnku**



Vzorek A – 1



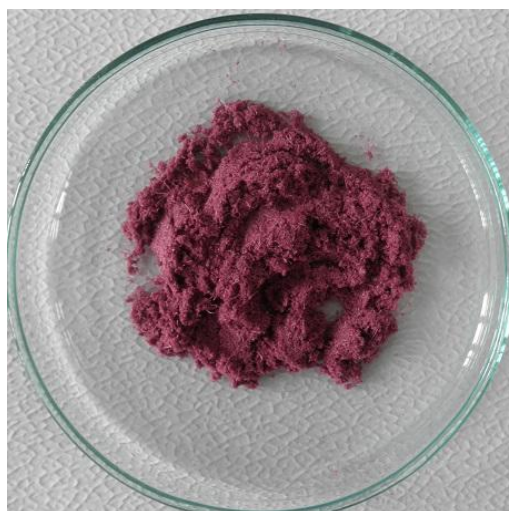
Vzorek A – 2



Vzorek A – 3



Vzorek A – 4

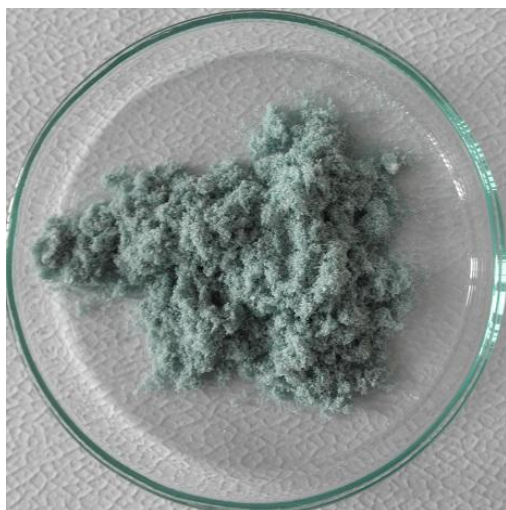


Vzorek A – 5





Vzorek B – 1



Vzorek B – 2



Vzorek B – 3



Vzorek B – 4



Vzorek B – 5



Vzorek C – 1



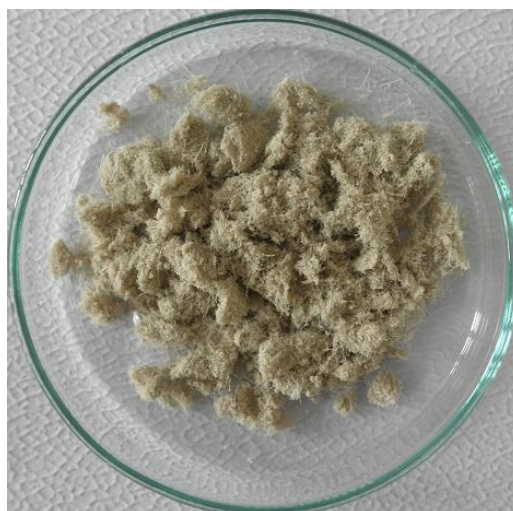
Vzorek C – 2



Vzorek C – 3



Vzorek C – 4



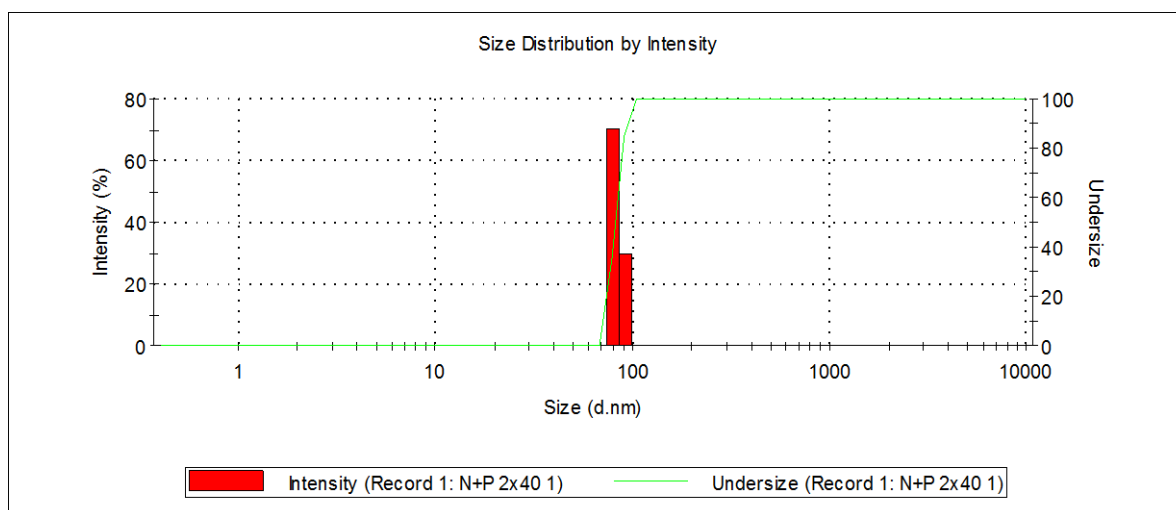
Vzorek C – 5



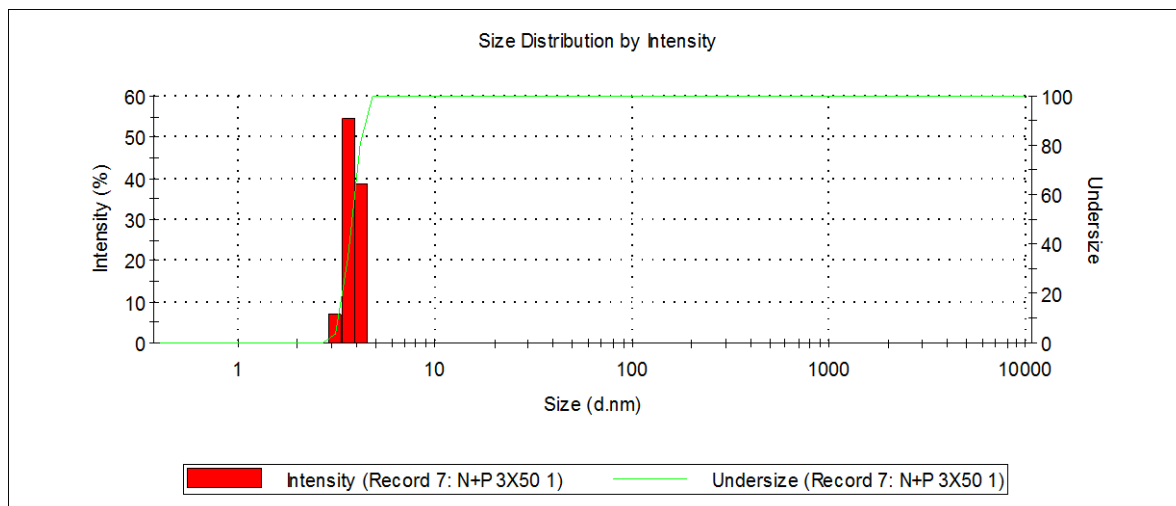
**Příloha č. 2 – Přehled výsledků naměřených velikostí částic na přístroji Zetasizer  
Nano ZS**

Pokus	Vzorek	Doba drcení (sec.)	Teplota (°C)	PdI	Pk 1 Mean Int (d.nm)	Pk 2 Mean Int (d.nm)	Pk 3 Mean Int (d.nm)	Pk 1 Area Int (%)	Pk 2 Area Int (%)	Peak 3 Area Intensity (%)	Scattering Angle (°)
1	VZOREK A	80	21	1	82,51	0	0	100	0	0	173
2		150	21	1	3,803	0	0	100	0	0	173
3		200	21	0,558	0	0	0	0	0	0	173
4		250	21	0,29	0	0	0	0	0	0	173
5		300	21	0,43	0	0	0	0	0	0	173
6	VZOREK B	80	21	0,555	92,49	276,7	0	55,4	44,6	0	173
7		150	21	1	528,5	0,6605	44,51	81,4	10,4	8,2	173
8		200	21	1	854,7	93,52	0	86,9	13,1	0	173
9		250	21	1	474,1	54,7	0	85,2	14,8	0	173
10		300	21	1	755,1	114,5	0	73,8	26,2	0	173
11	VZOREK C	80	21	1	150,4	0	0	100	0	0	173
12		150	21	1	192,6	2,12	18,14	77,7	14,7	7,7	173
13		200	21	1	32,67	0	0	100	0	0	173
14		250	21	1	91,59	1,537	0	81,1	18,9	0	173
15		300	21	1	242,6	40,77	0	88	12	0	173

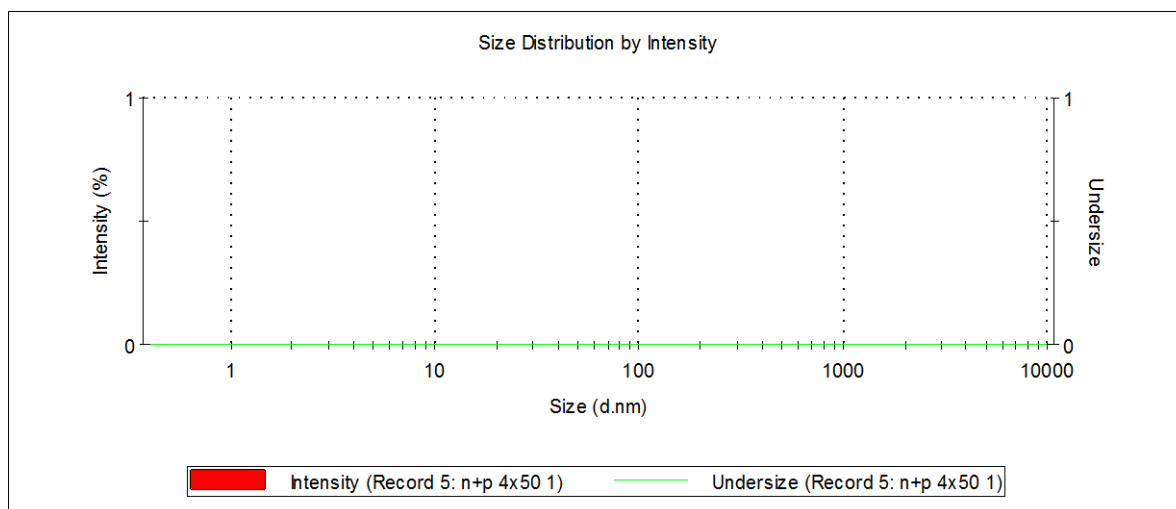
## VZOREK A – 1 MĚŘENÍ



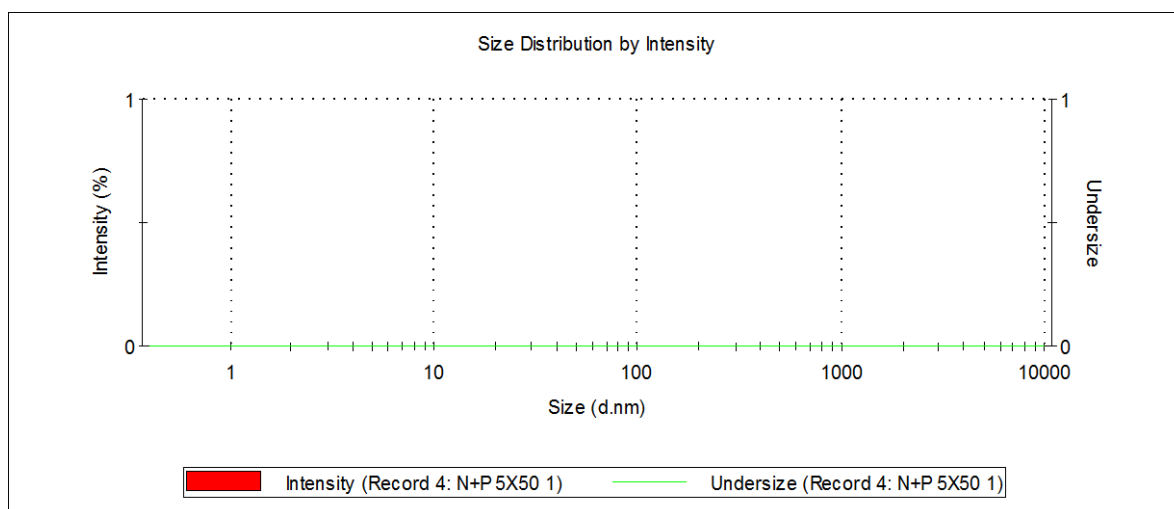
## VZOREK A – 2 MĚŘENÍ



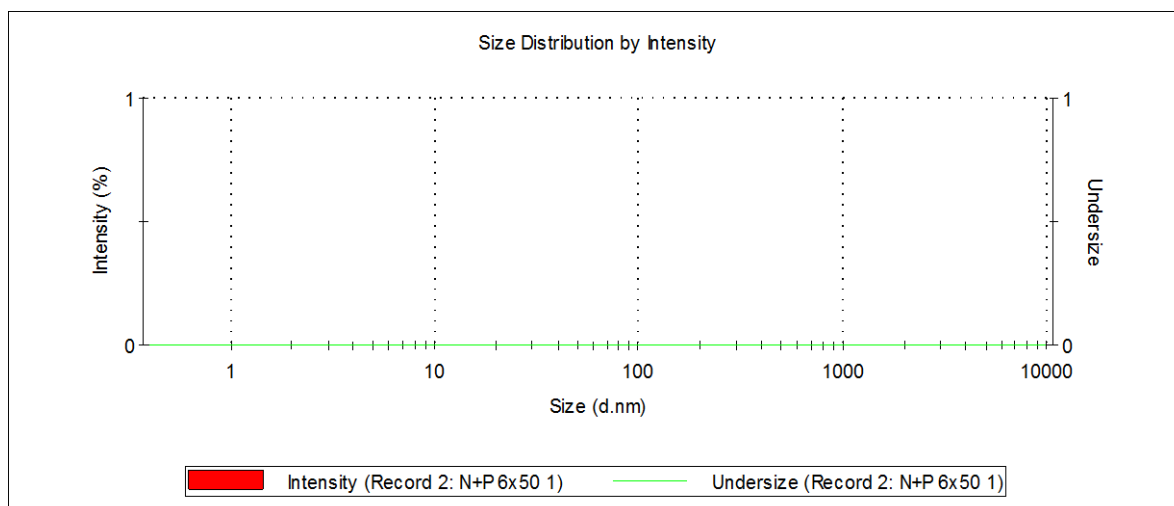
## VZOREK A – 3 MĚŘENÍ



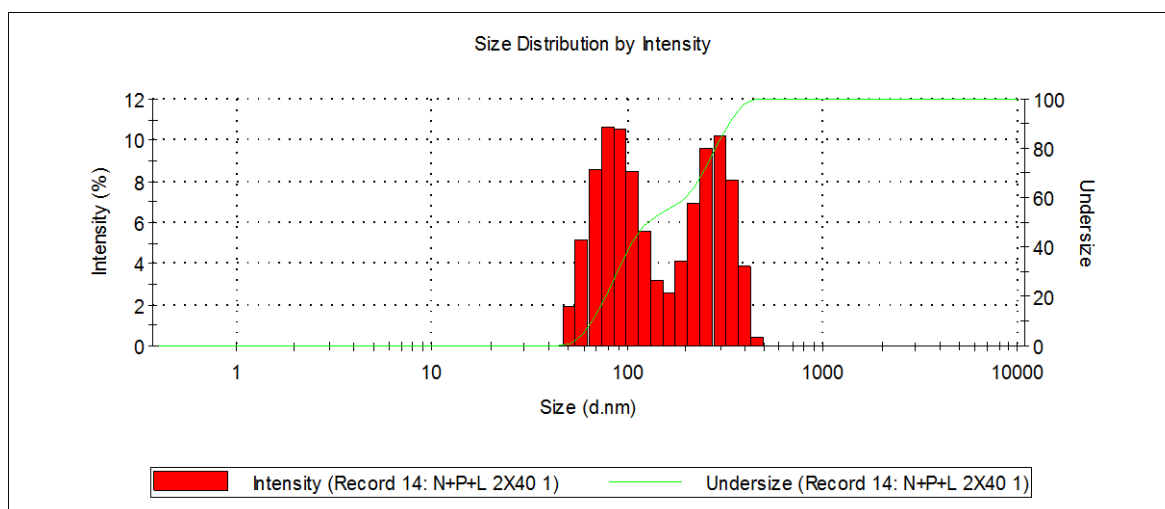
## VZOREK A – 4 MĚŘENÍ



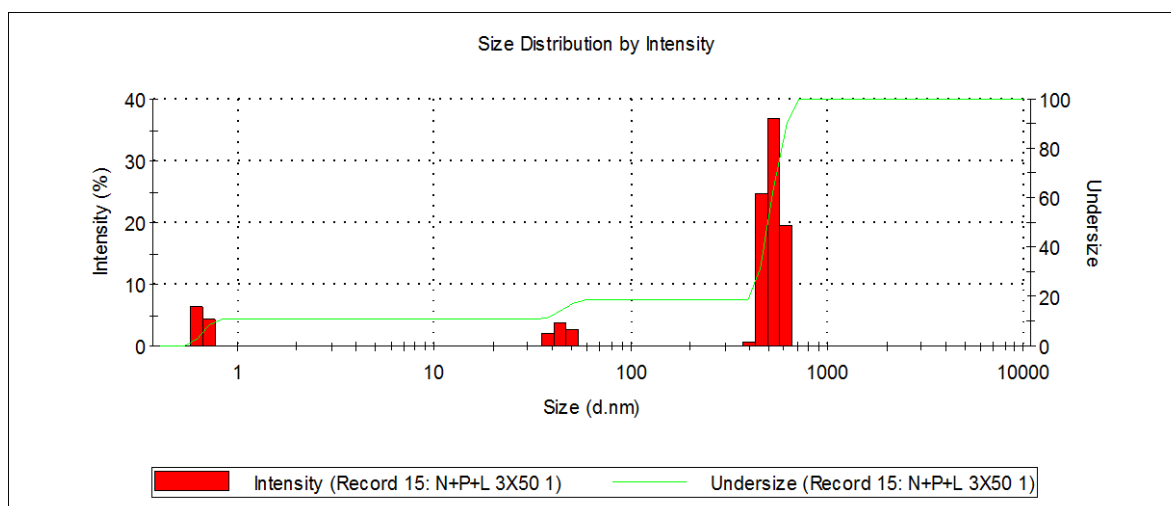
## VZOREK A – 5 MĚŘENÍ



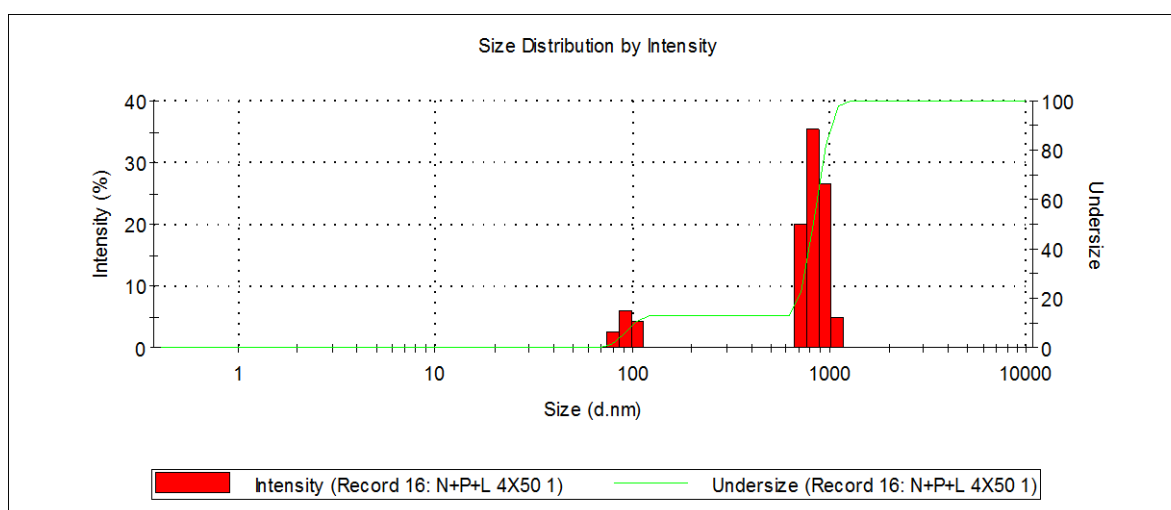
## VZOREK B – 1 MĚŘENÍ



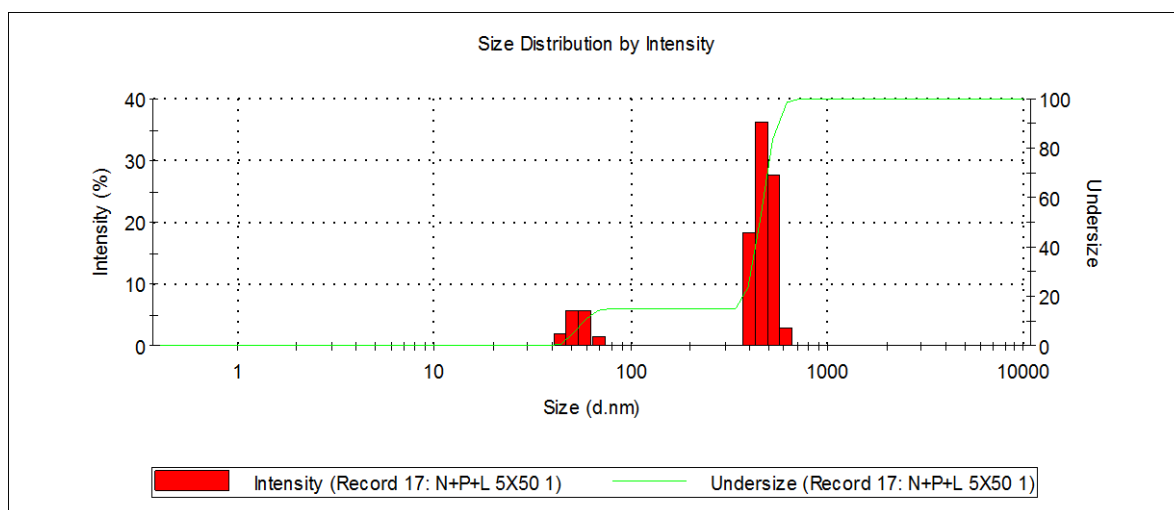
## VZOREK B – 2 MĚŘENÍ



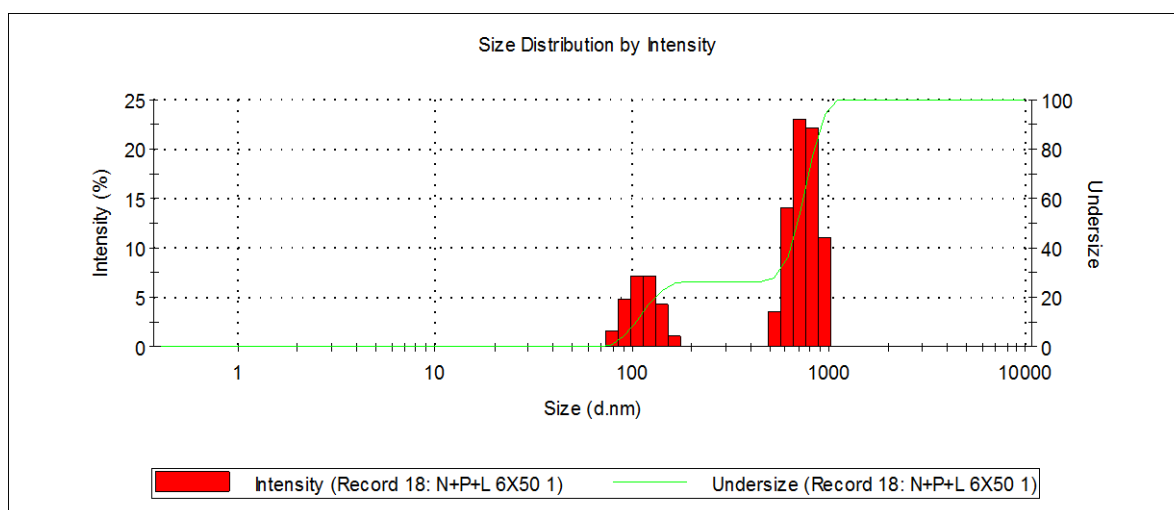
## VZOREK B – 3 MĚŘENÍ



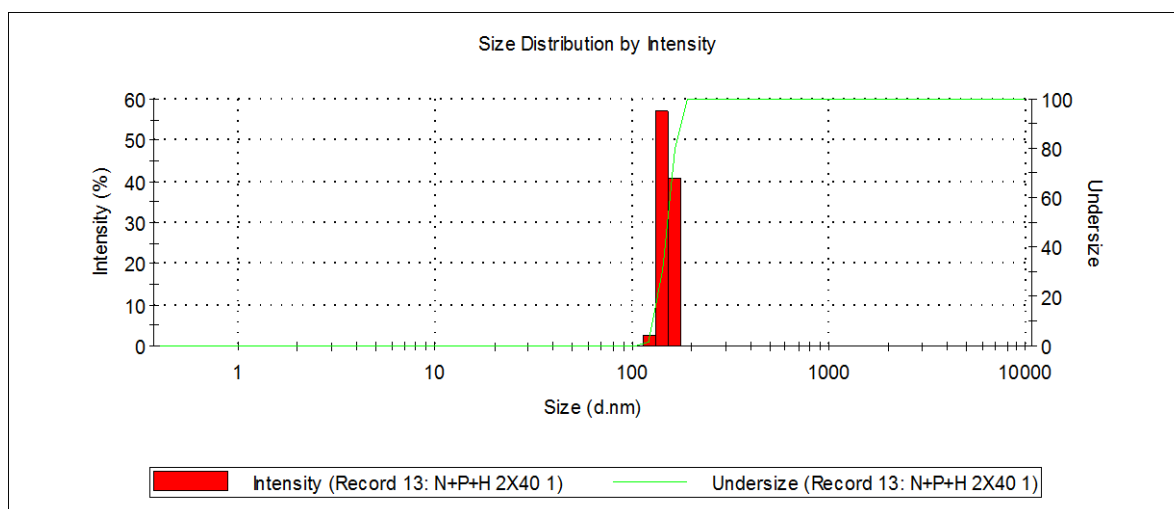
## VZOREK B – 4 MĚŘENÍ



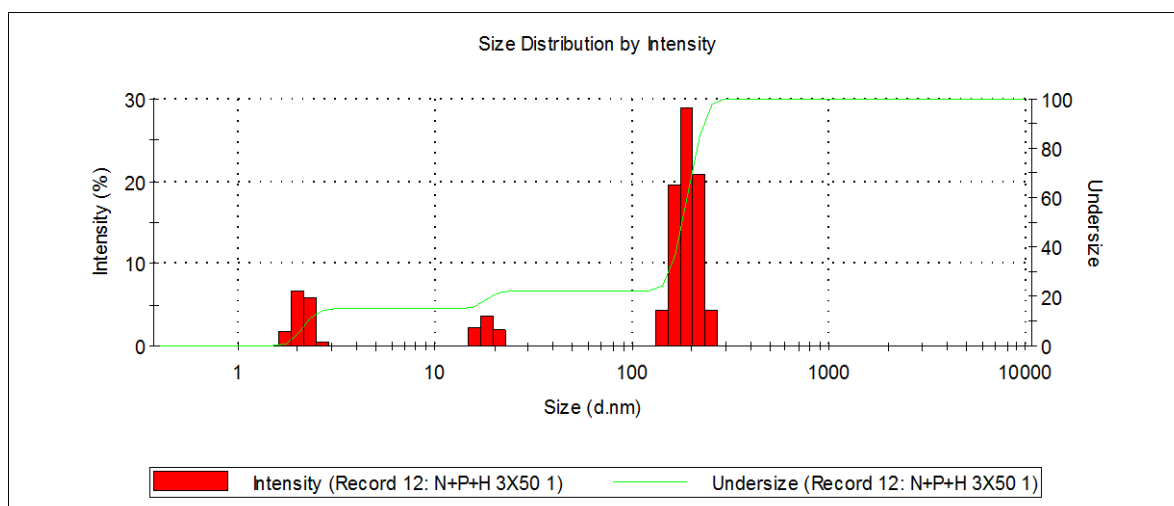
## VZOREK B – 5 MĚŘENÍ



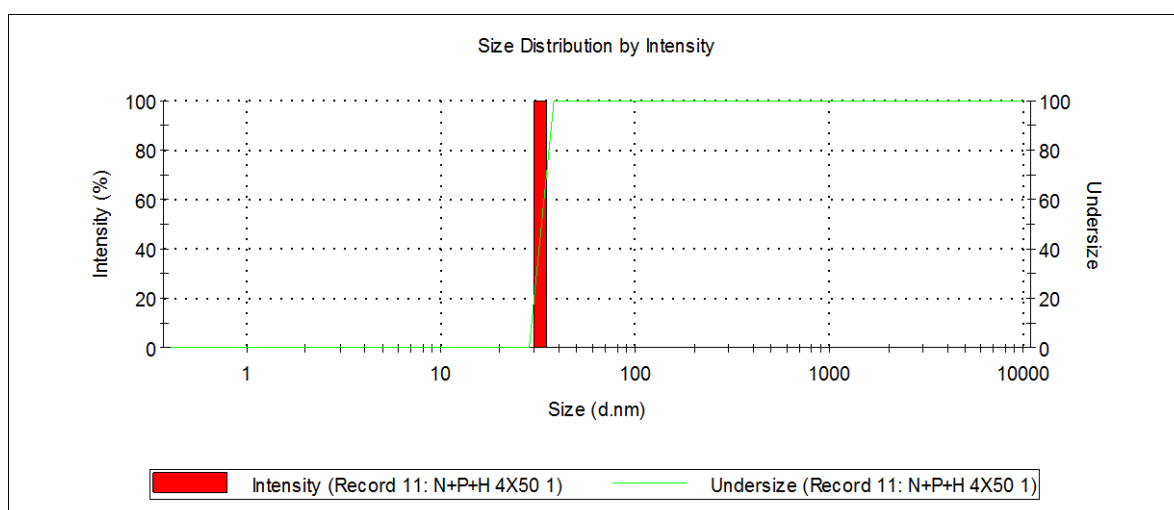
## VZOREK C – 1 MĚŘENÍ



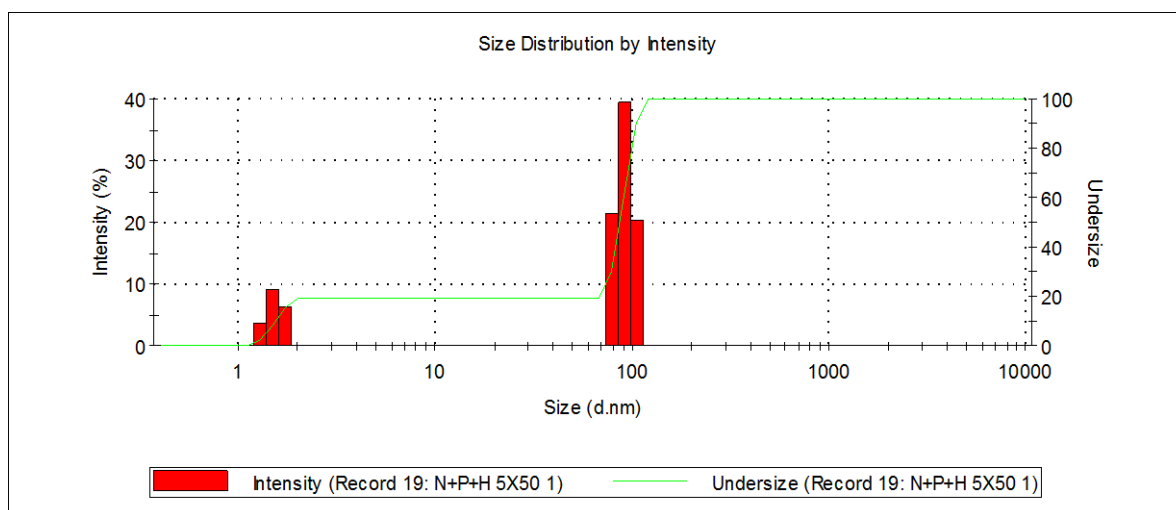
## VZOREK C – 2 MĚŘENÍ



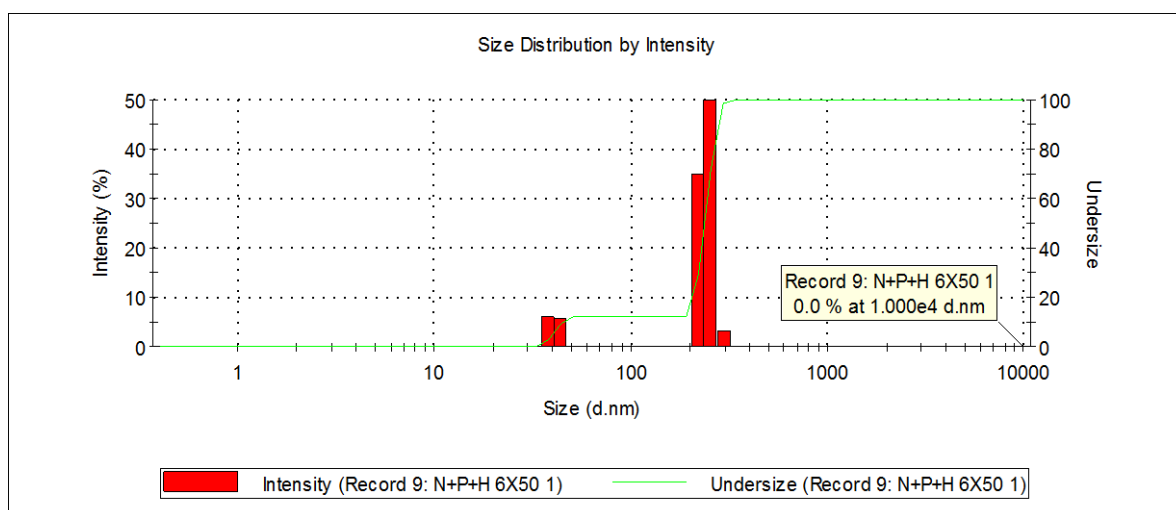
## VZOREK C – 3 MĚŘENÍ



## VZOREK C – 4 MĚŘENÍ



## VZOREK C – 5 MĚŘENÍ





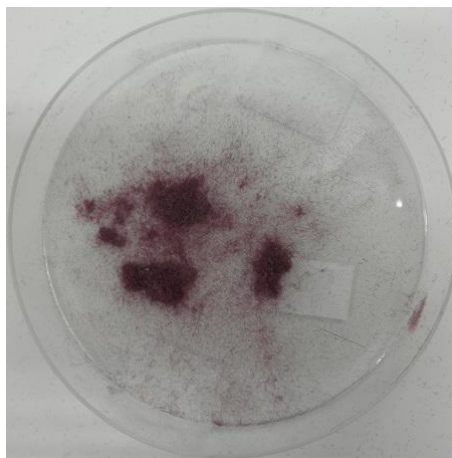
**Příloha č. 3 – Vzorky nejemnějších a nejhrubších vzorku při měření velikosti  
částic na přístroji Retsch AS 200**

## VZOREK A – PODKLADOVÁ TEXTILIE S PŘÍZÍ

Drcení 80 sec.

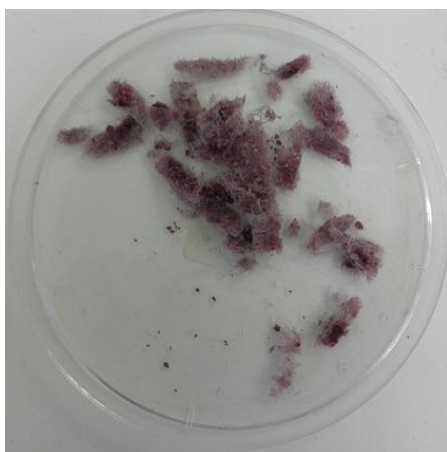


Nejhrubší částice o velikosti  $> 400 \mu\text{m}$



Nejjemnější částice o velikosti  $0 - 40 \mu\text{m}$

Drcení 150 sec.

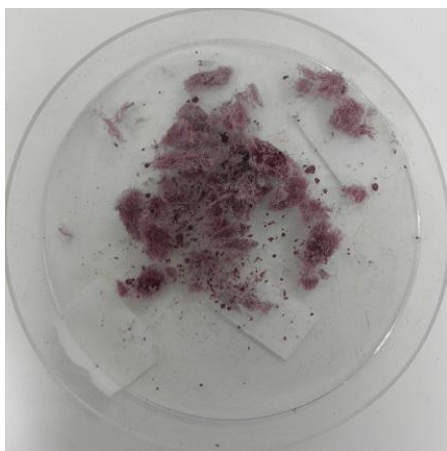


Nejhrubší částice o velikosti  $> 400 \mu\text{m}$



Nejjemnější částice o velikosti  $0 - 40 \mu\text{m}$

Drcení 200 sec.



Nejhrubší částice o velikosti  $> 400 \mu\text{m}$



Nejjemnější částice o velikosti  $0 - 40 \mu\text{m}$

Drcení 250 sec.

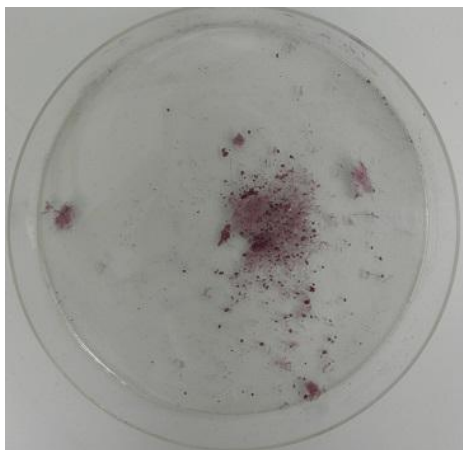


Nejhrubší částice o velikosti  $> 400 \mu\text{m}$



Nejjemnější částice o velikosti  $0 - 40 \mu\text{m}$

Drcení 300 sec.



Nejhrubší částice o velikosti  $> 400 \mu\text{m}$



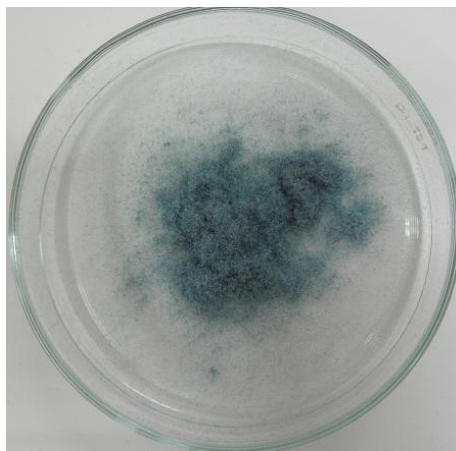
Nejjemnější částice o velikosti  $0 - 40 \mu\text{m}$

## VZOREK B – PODKLADOVÁ TEXTILIE S PŘÍZÍ A ZÁTĚREM LATEX

Drcení 80 sec.

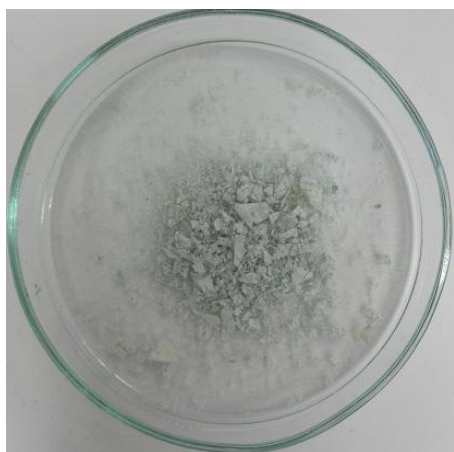


Nejhrubší částice o velikosti  $> 400 \mu\text{m}$

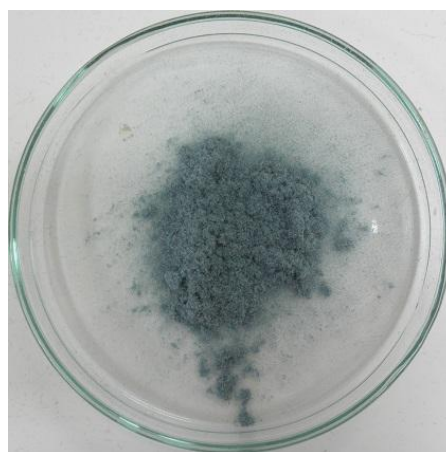


Nejjemnější částice o velikosti  $0 - 40 \mu\text{m}$

Drcení 150 sec.

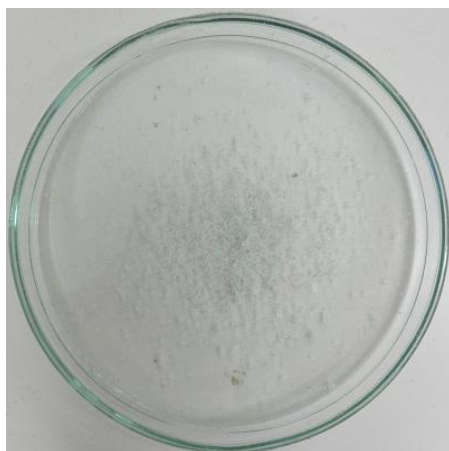


Nejhrubší částice o velikosti  $> 400 \mu\text{m}$

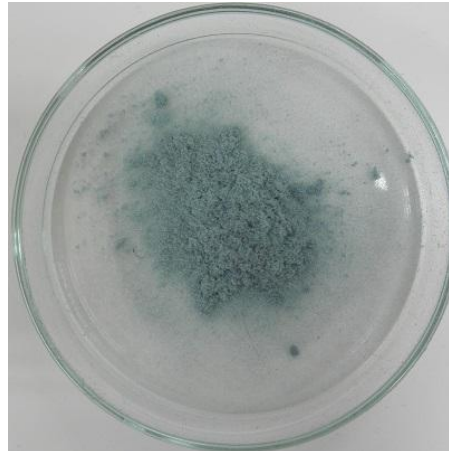


Nejjemnější částice o velikosti  $0 - 40 \mu\text{m}$

Drcení 200 sec.



Nejhrubší částice o velikosti  $> 400 \mu\text{m}$

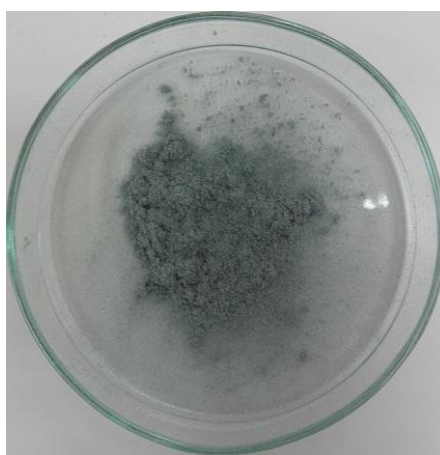


Nejjemnější částice o velikosti  $0 - 40 \mu\text{m}$

Drcení 250 sec.

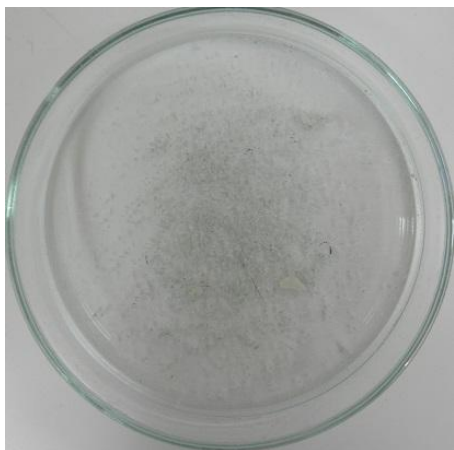


Nejhrubší částice o velikosti  $> 400 \mu\text{m}$

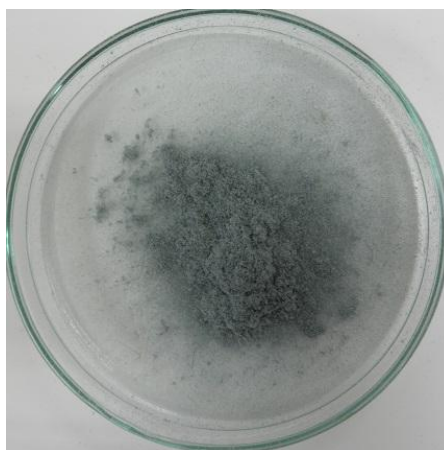


Nejjemnější částice o velikosti  $0 - 40 \mu\text{m}$

Drcení 300 sec.



Nejhrubší částice o velikosti  $> 400 \mu\text{m}$



Nejjemnější částice o velikosti  $0 - 40 \mu\text{m}$

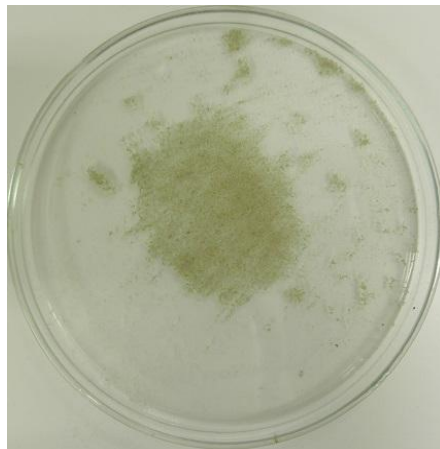


## VZOREK C – PODKLADOVÁ TEXTILIE S PŘÍZÍ A ZÁTĚREM HOT MELT

Drcení 80 sec.



Nejhrubší částice o velikosti  $> 400 \mu\text{m}$

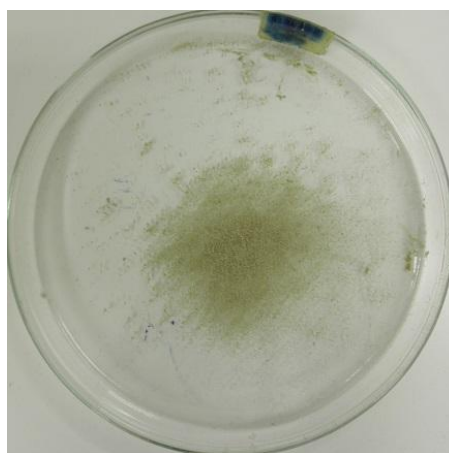


Nejjemnější částice o velikosti  $0 - 40 \mu\text{m}$

Drcení 150 sec.



Nejhrubší částice o velikosti  $> 400 \mu\text{m}$



Nejjemnější částice o velikosti  $0 - 40 \mu\text{m}$

Drcení 200 sec.

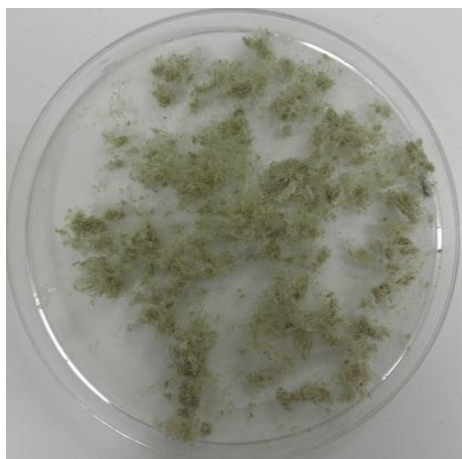


Nejhrubší částice o velikosti  $> 400 \mu\text{m}$

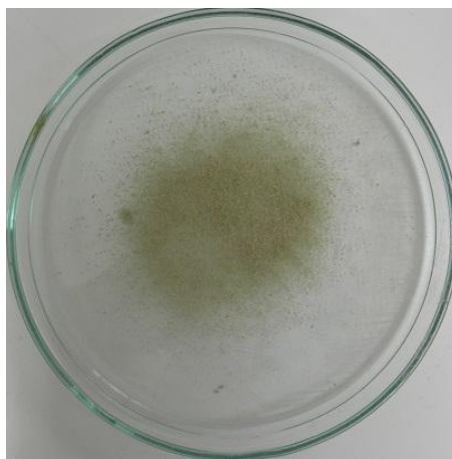


Nejjemnější částice o velikosti  $0 - 40 \mu\text{m}$

Drcení 250 sec.

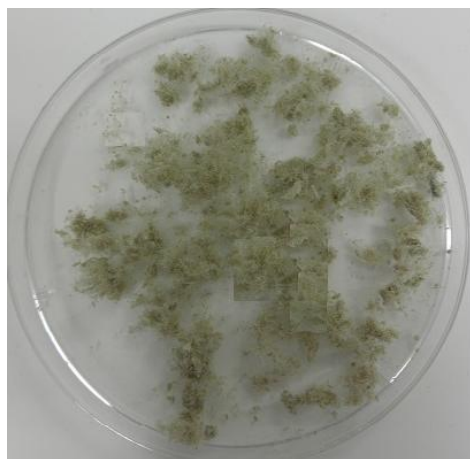


Nejhrubší částice o velikosti  $> 400 \mu\text{m}$

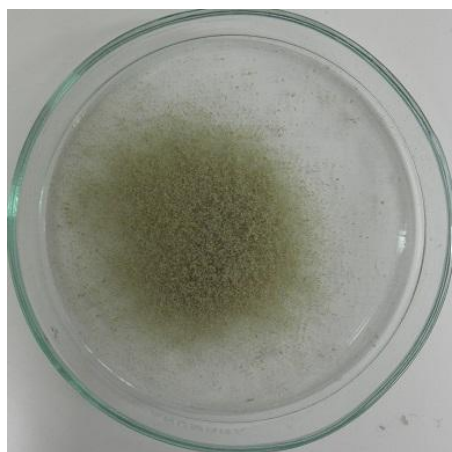


Nejjemnější částice o velikosti  $0 - 40 \mu\text{m}$

Drcení 300 sec.



Nejhrubší částice o velikosti  $> 400 \mu\text{m}$



Nejjemnější částice o velikosti  $0 - 40 \mu\text{m}$